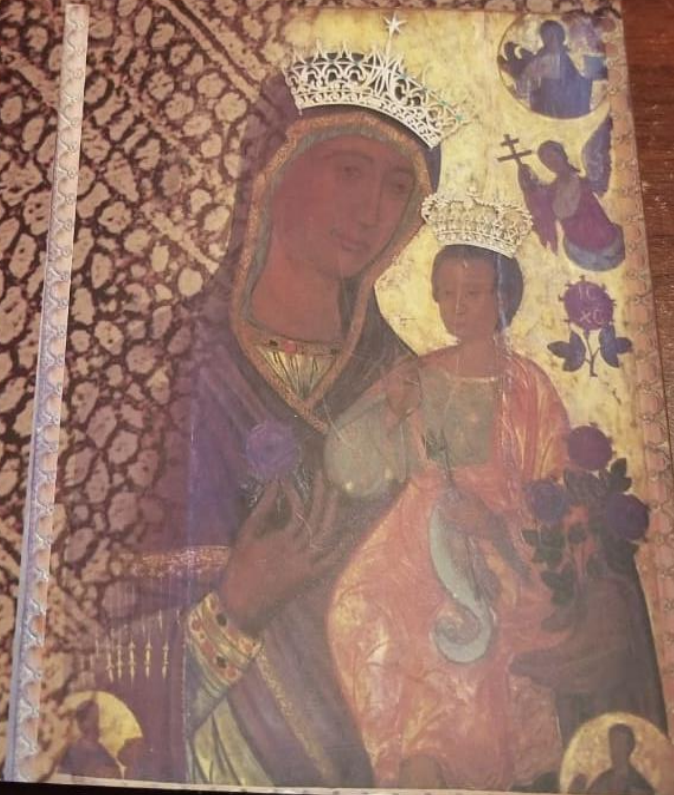


Anales LEMIT. Serie III, Año 5 - N° 11

**BIOALTERACION,  
PROTECCION  
Y CONSERVACION  
DE MADERAS**



**BIOALTERACIÓN, PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE MADERAS.**  
Vilma G. Rosato, Luis P. Traversa. - 1a ed. - La Plata : Laboratorio de Entrenamiento  
Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica - LEMIT, 2017.

100 p. ; 30 x 21 cm.

ISBN 978-987-3838-08-8

1. Madera . 2. Conservación. 3. Restauración en Madera. Vilma G. Rosato, Luis P. Traversa  
III. Título  
CDD 720.1

*Título:*  
**BIOALTERACIÓN, PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE MADERAS**

*Editor:*  
Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica

*Diseño y diagramación:*  
María Laura Motta

*Diseño, Fotografía e ilustraciones:*  
Sebastian Marquez

*Cantidad de ejemplares:* 100

Esta publicación es patrocinada por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires a través de un Subsidio para Publicaciones Científicas y Tecnológicas (PCT09).

ISBN 978-987-3838-08-8



9 789873 838088

Todos los derechos reservados.  
Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida por algún método gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo los sistemas de fotocopias, registro magnetofónico o de alimentación de datos, sin expreso consentimiento del editor.

All rights reserved.  
No part of this publication may be reproduced by any method graphic, electronic or mechanical, including photocopying systems, magnetic recording or record data feed, without written permission from the publisher.

# **DETERIORO DE MADERAS: IMPACTO DE LOS HONGOS EN EL PROCESO Y SUS DAÑOS.**

**Nitiu, D.S.<sup>1,6</sup>, Demaría, M.<sup>2</sup>, Mallo, A.C.<sup>1,7</sup>, Parfajt, L.<sup>1,6</sup> & Saparrat, M.C.N.<sup>3,4,5,6</sup>**

<sup>1</sup> Cátedra de Palinología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

<sup>2</sup> Universidad del Museo Social Argentino. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

<sup>3</sup> Instituto de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

<sup>4</sup> Cátedra de Microbiología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

<sup>5</sup> Instituto de Botánica Carlos Spegazzini, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

<sup>6</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>7</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. (CIC PBA).

## *Introducción*

El hombre y la tecnología han evolucionado a lo largo de su existencia de forma paralela. La necesidad de dominar el medio le confirió al hombre el descubrimiento y conocimiento de los materiales que la naturaleza le ofrecía. Es evidente que la nunca nombrada, Edad de la Madera fue incluso anterior a la Edad de Piedra, subsistiendo hasta nuestros días. El uso de la madera además de facilitar armas para la guerra y la caza, le sirvió para construir sus primeras cabañas, y sobre todo le permitió mantener encendidas las hogueras que se originaban por procesos naturales. La madera es el material que de forma ininterrumpida ha acompañado al ser humano desde la más remota antigüedad hasta nuestros días, quedando su historia íntimamente ligada a la humanidad (Rodríguez 1998). La madera acompañó al hombre en los albores de su existencia, cuando éste comienza a desarrollar la tecnología mecánica. Blanchette et al. (2005) agregan que los elementos históricos construidos con este material son importantes objetos culturales, los cuales proporcionan valiosa información acerca del pasado de algún lugar del mundo.

Todos los materiales tienen una tendencia natural a deteriorarse a través del tiempo. Además, los seres vivos, y en especial los microorganismos, son capaces de colonizar madera y modificarla, alterando sus propiedades y contribuyendo a su biodeterioro. El conocimiento de estos procesos es clave ya que posibilita el desarrollo de estrategias para la prevención y protección de los bienes patrimoniales albergados en soportes de madera con el fin de alargar su vida, conservándolos para la posteridad.

Pero ¿qué es el Biodeterioro? Hueck (1965) lo definió como “cualquier cambio indeseable en las propiedades de un material causado por la actividad de los seres vivos”. En el campo del patrimonio, ejemplos de biodeterioro podrían ser la destrucción de

soportes pictóricos por el crecimiento de hongos o bacterias, la erosión superficial de documentos por pequeños insectos, la destrucción de muebles de madera por termitas, la coloración-decoloración de edificaciones por el crecimiento de algas, la disgregación de soportes pétreos por plantas vasculares, la oxidación de esculturas metálicas por excrementos de palomas, incluso las pintadas y actos vandálicos llevados a cabo por el ser humano sobre los monumentos.

### *La madera*

La biodegradación es el proceso de descomposición mediado principalmente por microorganismos o sus enzimas (Smicht 2006). Tal es el caso de los hongos que atacan diferentes materiales a base de madera y así generan alteraciones en su estructura y por lo tanto modificaciones de sus propiedades. Esto puede ser solo a nivel superficial, afectando su apariencia externa, o provocar daños que comprometen su composición estructural.

La resistencia natural de la madera contra el biodeterioro está determinada por diferentes variables incluyendo aquellas de tipo genético y que son dependientes de las fuentes botánicas de procedencia. La resistencia de las maderas y su durabilidad responden principalmente a su tenor en lignina así como también a la presencia de taninos y otros fungicidas fenólicos que se depositan en las células de la madera y sus paredes durante su formación. Entre las maderas duras se destacan aquellas de procedencia tropical. La durabilidad de la madera también varía dentro de una especie; entre árboles individuales y diferentes partes de la extensión de su tronco, así como también es dependiente de la agresividad del agente potencial causante de biodeterioro. Las dimensiones de la madera, los tratamientos superficiales y el período de exposición también afectan la durabilidad de la misma (Berrocal 2007).

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

Los hongos xilófagos son aquellos que se relacionan directamente con la madera y se puede mencionar a los “mohos”, los hongos manchadores de la madera y los hongos causantes de pudrición. El ataque de los mismos se inicia cuando encuentran condiciones favorables para la germinación de sus propágulos y la posterior colonización de la madera, generalmente cuando el contenido de humedad es superior al 20 %, siendo los factores que tienen mayor influencia en el crecimiento fúngico la humedad, la temperatura y la presencia de aire (oxígeno).

Los “mohos”, representados principalmente por hongos pertenecientes al Orden Mucorales y al phylum Ascomycota, se nutren a partir de material orgánico simple asociado al lumen celular. Se detectan principalmente a nivel superficial a consecuencia de la diferenciación de colonias, estromas y/u otras estructuras portadoras de esporangios/esporas, las cuales son evidenciables a simple vista por una coloración diferencial respecto a la madera no deteriorada.

Los hongos manchadores de madera o cromógenos, al igual que los “mohos”, sólo se alimentan de compuestos simples de la madera, no teniendo habilidad para usar a los polímeros constituyentes de la pared celular vegetal como fuente de C y energía y por lo tanto no afectan las propiedades mecánicas de la madera. Adicionalmente, se caracterizan porque su colonización está asociada a alteraciones en el color de la madera.

Los hongos causantes de pudriciones tienen habilidades distintivas para degradar en forma notoria alguno o varios de los polímeros estructurales de la madera, pudiendo incluso reducir significativamente su masa. Sin embargo, existen diferentes tipos de pudriciones. Los hongos penetran la madera y aunque ellos no son evidentes en ella en los estados iniciales del ataque, el tipo de pudrición solo se puede reconocer en etapas avanzadas, cuando se han manifestado cambios detectables a simple vista en el color y apariencia de la madera y/o la aparición de estructuras vegetativas o fructificaciones macroscópicas. En estados avanzados la madera pierde masa, se estima que una pérdida en el orden del 4 % representa una disminución en la resistencia mecánica (28 %). La remoción de los cuerpos fructíferos no detiene la degradación de la madera dado que las hifas inmersas en ella mantienen su acción degradadora. Según va avanzando el área de la pudrición se va acentuando el cambio de color (sea blanco/parduzco) y la madera empieza a perder masa e incrementar su contenido de humedad. En la fase final del proceso se llega a la disgregación total de la estructura de la madera con una pérdida importante de sus características físico - mecánicas.

#### *Daños estéticos de la madera por la actividad de hongos.*

El concepto de daño estético es subjetivo, y esta expresión es utilizada frecuentemente para indicar toda serie de alteraciones en el aspecto externo de la madera debidas a diferentes factores externos, incluyendo unos biológicos asociados a su colonización y actividad. Bajo este concepto se agrupan efectos como, por ejemplo, los cambios debidos a alteraciones cromáticas, la aparición de pátinas biológicas o el impedimento visual de su superficie por el desarrollo de una capa superior producto de la colonización biológica y el biodeterioro resultante (Caneva et al. 1994).

Los daños estéticos en maderas producidos por la actividad de hongos pueden tener dos efectos contrarios sobre la utilización de las mismas. Por una parte puede producir un cambio de coloración indeseado disminuyendo su valor económico y la restricción de su uso como materia prima. Por otro lado, estas mismas coloraciones pueden utilizarse con fines estéticos, ya que a nivel general no afecta la parte estructural de la madera. No obstante, el cambio de coloración producido por los hongos es un claro indicio de un almacenamiento inadecuado de la madera, incluyendo su secado y que puede favorecer la colonización de otros tipos de hongos más problemáticos, como los que causan daños estructurales.

Los hongos manchadores de la madera que colonizan la madera), que se propagan a través de insectos (por ejemplo, *Ophiostoma*) o por el aire (Ortiz et al. 2011), y otros hongos microscópicos (comúnmente llamados “mohos” - que crecen sobre la superficie de la madera), no son capaces de despolimerizar la celulosa y otros polímeros estructurales de las paredes celulares de la madera. Estos hongos metabolizan los azúcares simples y el almidón presente en las células del radio y lúmenes de células axiales. Entre los manchadores podemos señalar a *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans* y *Ceratocystis pilifera*, entre otros, los cuales sintetizan pigmentos que son responsables del cambio de color en las maderas a tonalidades en el espectro: azul, amarillo, naranja, púrpura y/o rojo. Algunos de estos hongos también son conocidos por ser capaces de causar pudriciones blandas en la madera colonizada bajo condiciones óptimas, tal como representantes del género *Phialophora* (Reinprecht 2010).

*Aspergillus niger*, *Penicillium brevi-compactum* y *Trichoderma viride*, entre otros, que ejemplifican a los “mohos” se caracterizan por producir masas de esporas coloreadas en las superficies de la madera en asociación a la secreción de pigmentos difusibles (Reinprecht 2010). La problemática de este tipo de biodeterioro es que a pesar de que no disminuyen la resistencia de la madera, eliminarlos de la superficie, que tiene generalmente un alto grado de porosidad, resulta dificultoso y prácticamente ineficaz, a la vez que constituye un reservorio potencial para otras especies de hongos, como los de pudrición, en respuesta a estar asociado a la retención de un mayor contenido de humedad.

### *Daños estructurales de la madera por la actividad fúngica*

Los daños estructurales producidos por los hongos causantes de pudrición son variables y dependientes del tipo de hongo involucrado en interacción con el sustrato atacado y las condiciones ambientales. Los hongos involucrados pueden secretar enzimas extracelulares que actúan sinérgicamente en la degradación de ciertos polímeros de la pared celular vegetal (Schmidt 2006).

### *Tipos de pudrición*

No todos los hongos degradan la madera de la misma forma. Existen tres tipos básicos de pudrición - blanca, parda y blanda – que son características. Estos tipos de pudrición son el producto de diferentes formas de ataque a la madera que generalmente tienen también un patrón morfológico distintivo. Algunos hongos xilófagos pueden generar más de un tipo de pudrición en un mismo huésped. Hay también tipos diferentes de pudrición blanca, los cuales constituyen un modelo característico de pudrición en la madera en base a la velocidad de degradación de sus polímeros constituyentes. El ataque del hongo en la madera, involucrando diferentes mecanismos y sistemas enzimáticos, es clave en el tipo de pudrición que el mismo genera. Por ejemplo, los hongos causantes de pudrición

blanca tienen habilidad ligninolítica que conduce principalmente a la reducción de la resistencia a la compresión de la madera, mientras que la pudrición parda y la blanda están caracterizadas por solo involucrar la disminución del tenor de polisacáridos de la madera atacada, aun cuando leve en este último caso (Wilcox 1978). Para más información consultar Schwarze et al. (2000) y Luley (2005), que proporcionaron información detallada de cómo es el progreso de los diferentes tipos de pudriciones fúngicas de la madera y cómo la afectan.

### *Pudrición blanca*

La madera consiste principalmente de tres polímeros componentes, lignina, celulosa y hemicelulosas. La celulosa es un polímero de anhídrido glucosa con uniones  $\beta$  1-4. Las hemicelulosas consisten de polímeros ramificados con glucosa y otras hexosas y/o pentosas y de menor grado de extensión (polimerización), 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 %) mientras que en la madera de angiospermas dicotiledóneas o "maderas duras" el tenor está entre el 19 y el 24 %.

Cuando la madera es atacada por un hongo causante de pudrición blanca, en términos generales, este sustrato leñoso se vuelve fibroso y toma un color blanquizco, desmenuzándose con facilidad. El polímero clave que se degrada en este tipo de pudrición es la lignina, a través de un proceso de despolimerización oxidativa (Eaton y Hale 1993; Anagnost 1998; Carlile et al. 2001; Schwarze et al. 2004; Schwarze 2007).

Básicamente se pueden distinguir dos patrones de pudriciones blancas:

- Pudrición blanca simultánea, donde la lignina, las hemicelulosas y la celulosa son atacadas a la misma velocidad dejando las paredes de las células adelgazadas, e incluso a veces perforadas.
- Pudrición blanca selectiva, donde existe un ataque preferencial por la lignina y las hemicelulosas dando un aspecto de desfibrado por la desaparición de la laminilla media cementante.

Las especies fúngicas más importantes causantes de pudriciones blancas, representadas por taxa del phylum Basidiomycota, son: *Coriolus versicolor*, *Fomes* sp., *Ganoderma applanatum*, *Pholiota* sp., *Pleurotus* sp., *Polystictus versicolor*, *Schizophyllum commune* y *Trametes* spp.

### *Pudrición parda*

Este tipo de pudrición es el resultado de un proceso complejo en el cual se remueve selectivamente la celulosa y las hemicelulosas, quedando la lignina altamente oxidada. A partir del lumen los hongos causantes de la pudrición parda degradan la celulosa en las capas S1 y S2. Aunque la capa S3 queda intacta o poco modificada, la madera se torna

quebradiza en sentido transversal y perpendicular al eje mayor de la estructura de los elementos celulares axiales de la madera y se torna de color pardo-café (Schwarze 2007).

Estos hongos, que también pertenecen al phylum Basidiomycota, solo atacan los polisacáridos. En estadios tempranos ya se evidencia una reducción de la fuerza mecánica de la madera, aunque no necesariamente pérdida de peso seco. El proceso involucra un mecanismo con la participación de especies reactivas de oxígeno, incluyendo el radical libre \*OH, que es el más reactivo en la degradación oxidativa de los polisacáridos de la madera. También cantidades significativas de ácido oxálico y otros metabolitos de bajo peso molecular están implicados. Como indicado, existe modificación de la lignina, principalmente a través de reacciones de demetoxilación y la consecuente aparición de grupos cromóforos de neo formación.

Los taxa fúngicas que producen este daño corresponden a representantes del phylum Basidiomycota con ejemplos como: *Coniophora puteana* (syn. *Coniophora cerebella*), *Laetiporus sulphureus* y *Phaeolus schweinitzii*, *Poria* spp. y *Serpula lacrimans* (syn. *Meriulus lacrymans*). (Canella et al. 2000).

#### *Pudrición blanda*

Este tipo de pudrición es causada principalmente por hongos pertenecientes al phylum Ascomycota que a consecuencia de su colonización en la madera y el desarrollo de colonias superficiales generan un material leñoso con aspecto blando y amarronado. La formación de cavidades en la capa S2 de la pared es el rasgo morfológico característico de este tipo de pudrición y que está influida por el tipo de madera.

Hay dos tipos de pudrición blanda:

**Tipo I** (común en coníferas), se observan cadenas de cavidades romboidales dentro de la S2, normalmente alineadas con las microfibrillas de celulosa (se hipotetiza que la formación de las cavidades es el resultado de fases de crecimiento oscilatorio de las hifas que penetran en la pared celular, seguida por la degradación de la pared celular secundaria que las rodea).

**Tipo II** (común en angiospermas), se observa una erosión gradual de toda la pared secundaria, aunque la laminilla media persiste aún en estadios avanzados del deterioro (ésta se distingue de la pudrición blanca simultánea, ya que en esta última la laminilla media se erosiona e incluso puede destruirse completamente; (Worrall et al. 1997; Schwarze 2007).

La pudrición blanda es causada por un amplio rango de hongos, incluyendo representantes de los géneros *Alternaria*, *Coniothyrium*, *Chaetomium*, *Hemicolla*, *Stemphylium* y *Ustilina* entre otros. .

*Factores que condicionan el biodeterioro de madera.*

Es importante precisar que mayoritariamente los modelos de biodeterioro están relacionados con procesos deficientes de mantenimiento, lo cual ha permitido en parte el desarrollo de este tipo de microorganismos, y cuyo efecto directo en el material es una significativa disminución de las propiedades mecánicas de los elementos componentes, aun cuando su presencia haya sido imperceptible (Ortiz et al. 2011).

La susceptibilidad al biodeterioro de la madera está condicionada por diferentes factores que pueden favorecer el crecimiento de los hongos. Ellos incluyen a la humedad relativa, el contenido en agua, oxígeno, temperatura, pH, entre los más significativos. También existen influencias biológicas que generan efectos recíprocos entre diferentes organismos como antagonismo y sinergia (Schmidt 2006).

La humedad en la madera existe en dos formas diferentes. Se distingue un agua ligada o higroscópica dentro de la pared celular que se asocia por medio de puentes de hidrógeno a los grupos hidroxilo, principalmente en la celulosa y las hemicelulosas, y en menor medida en la lignina. La otra forma es el agua libre o capilar en forma líquida que también se encuentra en el lumen celular (Schmidt 2006).

Como la degradación fúngica de la madera involucra mayoritariamente la acción de enzimas, que son activas en sistemas acuosos, y debido a que las hifas consisten de hasta un 90% de agua, no hay dudas sobre los requerimientos de agua por los hongos de la madera. Se considera en líneas generales que la humedad de la madera debe estar comprendida entre el 20 % y el 100 % para promover la colonización fúngica de la madera y su biodeterioro. Mientras que por debajo del 20 % los hongos probablemente no crecen, por encima del 100 % no existe el oxígeno suficiente para su metabolismo.

En conjunto, el agua y el contenido de humedad de la madera, son los factores más importantes para la degradación de la madera por hongos y, por lo tanto, también para la protección de la madera. Con respecto a la humedad óptima para el crecimiento de los hongos se considera que debe ser del orden del 25 % y en cuanto a la temperatura el rango está entre 5 °C y por encima de 55 °C.

El valor del pH de la solución asociada a la madera también influye en la germinación de las esporas, el crecimiento micelial y la actividad de las enzimas en el proceso de degradación, así como en la formación de las fructificaciones que los hongos pueden diferenciar sobre la madera que deterioran. El pH óptimo para el crecimiento de los hongos en la madera es entre 5 - 6. Aunque estos parámetros son estándares, no siempre pueden aplicarse de manera directa para predecir la probabilidad de la infección y colonización de los hongos sobre madera y su avance en el sustrato, ya que el ambiente donde se encuentra la madera en análisis está también expuesto a otras múltiples variables que pueden favorecer o no su biodeterioro.

*Control de los hongos que deterioran madera*

Siempre en conservación de bienes culturales se pretende evitar la intervención sobre los objetos. Por lo tanto se apunta a la *conservación preventiva* que es una estrategia de conservación del patrimonio cultural que propone un método de trabajo sistemático para identificar, evaluar, detectar y controlar los riesgos de deterioro de los objetos, colecciones, y por extensión cualquier bien cultural. Su objetivo fundamental es eliminar o minimizar dichos riesgos, actuando sobre el origen de los problemas, que generalmente se encuentran en los factores externos a los propios bienes culturales, evitando con ello su deterioro o pérdida y la necesidad de acometer drásticos y costosos tratamientos aplicados sobre los propios bienes. Los factores medioambientales, por tanto, juegan un papel decisivo puesto que las reacciones del metabolismo microbiano se verifican en el medio en el que existen las condiciones adecuadas.

La contaminación microbiológica de los organismos básicamente está condicionada por la capacidad de retención de agua de los materiales atacado (humedad ambiental, humedad del propio material) además de las características propias de cada material (porosidad, rugosidad, superficie, etc.) Vaillant Callol & Valentín (1996). Por lo tanto tener un ambiente ventilado en condiciones adecuadas controlando que la temperatura sea estable y eliminando las fuentes de humedad que permitieron el desarrollo de los hongos, sería una de las medidas principales a realizar. También hay que tener en cuenta que la ausencia de notorios cambios en la temperatura y la humedad relativa del entorno no solo ayudará a evitar que los hongos activen sus propágulos de infección, avancen en su colonización y acción en la degradación, sino que mantendrá también estable a la madera, que puede ser el vehículo de otros hongos o de sus propágulos de dispersión. La susceptibilidad que tiene una madera al ataque producido por microorganismos depende, sobre todo, de su contenido de humedad. La madera es un material higroscópico y su contenido de humedad está en equilibrio con la humedad relativa del ambiente. El ataque por parte de microorganismos se produce cuando el contenido de humedad es superior al 20 %.

La aplicación de métodos químicos, como biocidas, físicos, radiación ultravioleta, rayos gamma, para el control de los hongos que deterioran la madera, pueden ser de utilidad en determinados casos. Siempre hay que analizar las características del objeto, es decir, si tiene pintura, herrajes, patinas, incrustaciones, etc. Además la misma madera, más allá de los organismos que pueda tener asociados y por lo tanto inactivados, puede sufrir daños por ese tipo de tratamientos.

La presencia de estructuras fúngicas y su carga en sitios donde se custodian colecciones biológicas o piezas de importancia histórica utilizando soportes leñosos representan una potencial amenaza tanto para el material como para el personal involucrado (Caneva et al. 1994). El análisis microbiológico del aire puede ser relevante para establecer el riesgo potencial que existe para la salud de las personas y para la conservación de las maderas en estudio. En este caso, los microorganismos pueden ser utilizados como bio indicadores de la situación de riesgo de las condiciones ambientales.

Finalmente, la falta de mantenimiento del edificio, las restauraciones inadecuadas y la limpieza escasa o nula de la madera en servicio también pueden contribuir al deterioro, causando en muchos casos, daños irreparables.

### *Perspectivas*

Existe un registro de información sobre hongos xilófagos asociados con el deterioro de árboles, la Base Internacional de Datos sobre Fracturas de Árboles (ITFD), on-line en <http://ftcweb.fs.fed.us/natfdb>, donde se promueve a los especialistas a informar sobre el tipo de pudrición de la madera y la presencia e identificación de hongos xilófagos. La actualización de esta información tiene utilidad para diversas disciplinas donde la madera es su principal objeto de estudio.

Es importante continuar y profundizar los estudios acerca de la diversidad y daños estéticos y estructurales que los hongos xilófagos pueden generar tanto en soportes activos de madera como en obras de arte que ellos albergan con el objetivo de generar estrategias para minimizar los riesgos de pérdida o deterioro de los mismos.

Hoy en día, se dispone de prometedoras tecnologías que permiten realizar con precisión diagnósticos de alteraciones y diseñar soluciones altamente eficaces. No obstante, debe tenerse en cuenta que la conservación de la madera requiere de un enfoque multidisciplinar imprescindible para conseguir un auténtico avance en su preservación.

### *Agradecimientos*

Los autores agradecen el apoyo financiero concedido por: Proyecto de Investigación y Desarrollo de la Universidad Nacional de La Plata (N897) (2019-2022); ANPCyT (PICT 2015-1620, M.S.)

### *Bibliografía*

- Anagnost, S.E. (1998). Light microscopic diagnosis of wood decay. IAWA Journal 19: 141- 167
- Blanchette, R., Jurgens, J., Held, B., Arenz, B., Smith, J. (2005). Decay of historic and archeological wooden structures: degradation processes and molecular characterization of Wood destroying fungi. En: X REUNIÓN SOBRE investigación y desarrollo en productos forestales – International Academy of Wood Science Meeting: 14-17 de Noviembre de 2005. Concepción, Chile.
- Berrocal Jimenez, A. (2007). Clasificación de daños producidos por agentes de biodeterioro en la madera. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 4(10)

- Blanchette, R., Jurgens, J., Held, B., Arenz, B., Smith, J. (2005). Decay of historic and archeological wooden structures: degradation processes and molecular characterization of Wood destroying fungi. En: X REUNIÓN SOBRE investigación y desarrollo en productos forestales – International Academy of Wood Science Meeting: 14-17 de Noviembre de 2005. Concepción, Chile.
- Caneva, G.; Nugari, M.P.; Salvadori, O. (1994). La biología en la restauración. Ed. NEREA, S.A., 2000. España. 275p.
- Carlile, M.J., Watkinson, S.C. & Gooday, G.W. (2001). The Fungi. Academy Press, London, 588p
- Eaton, R.A. & Hale, M.D.C. (1993). Wood: decay, pests and protection. Chapman & Hall, London, 546p
- Hueck H.J. (1965) “The biodeterioration of materials as part of hylobiology” Mater Org 1:5-34.
- Jennings DH & Lysek G (1999) Fungal biology, 2nd edn. Bios, Oxford
- Luley, C.J. 2005. Wood Decay Fungi Common to Urban Living Trees in the Northeast and Central United States. Urban Forestry LLC. Naples, NY.
- Ortiz, R.Z, Moreno, L., Ramirez, R. & Olivero, P. (2011). Determinación de los modelos de biodeterioro en elementos de madera producidos por hongos de pudrición en edificaciones de la zona de conservación histórica de Valparaiso, Chile. Revista de la Construcción. Volumen 10 No 2.
- Reinprecht, L. (2008): *Ochrana dreva /Wood protection/*. Handbook, Technical University in Zvolen - Slovakia, 453 p.
- Rodríguez, J. (1998) Patología de la Madera. Fundación del Valle de Salasar. Editorial Mundi Prensa. España. 349 p.
- Schmidt, O. (2006). Wood and Tree Fungi. Biologi, Damage, Protection and Use. Germany. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 336p.
- Schwarze, F.W.M.R., Engels, J. & Mattheck, C. (2000). Fungal Strategies of Wood Decay in Trees. Springer, New York, NY.
- Schwarze, F.W.M.R., Mattheck, C. & Engels, J. (2004). Fungal strategies of wood decay in trees. Springer, Heidelberg, 185 p.
- Schwarze, F.W.M.R. (2007). Wood decay under the microscope. Fungal Biology Reviews 21: 133-170.
- Vaillant Callol, M.& Valentín, R. (1996). Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro. Ministerio de Educación y Cultura, Madrid.
- Wilcox, W.W. (1978). Review of the literature on the effects of early stages of decay on wood strength. Wood and Fiber 9:252-257
- Worrall, J.J., Anagnost, S.E. & Zabel, R.A. (1997). Comparison of wood decay among diverse lignicolous fungi. Mycologia 89(2): 199-219.