



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

**Determinación de agentes de deterioro de madera
obtenida desde las ex Oficinas Salitreras Peña Chica,
Keryma y Ramírez en la Región de Tarapacá.**

Por

Catalina Andrea Rojas Barrera

Trabajo de tesis para optar al grado académico de licenciado en
ciencias de la construcción y al título de ingeniero constructor

Profesor Guía: Dr. Rodrigo Ortiz Mansilla

JULIO, 2019

AGRADECIMIENTOS

El final de un camino es el inicio del otro, en estos momentos solamente puedo dar gracias.

Gracias, de todo lo que me ha entregado la vida.

Estoy agradecida por de cada momento, cada palabra de aliento, todo, desde siempre.

Estoy totalmente agradecida de mis padres, gracias a sus enseñanzas logré llegar donde estoy. Siempre presentes en mi vida, sin importar donde se encuentren.

Estoy completamente segura que están orgullosos de lo que hemos logrado, un camino largo donde se forman bases con las cuales hacer frente a la vida.

A pesar de lo duro que ha sido su ausencia, toda la fuerza y positivismo que logré fue gracias a ellos. Un enorme beso al cielo.

Gracias a mi familia, gracias a mis tías, siempre han estado conmigo y me acompañaron en todo momento y eso lo agradezco de corazón. No importa el tipo de vínculo, sino que el sentimiento de amor, cariño y preocupación por mi.

Agradezco a mis amigas, siempre han sido como hermanas.

Jamás me han abandonado, sin importar las circunstancias siempre han estado, espero entregarles recíprocamente todo ese amor y cariño.

Gracias a José por acompañarme en este camino, gracias por todo el amor, preocupación y dedicación que me has entregado.

Gracias a mi Profesor Guía Rodrigo Ortiz por todo este proceso, gracias a usted aprendí mucho y que la paciencia es fundamental para lograr todos los objetivos propuestos.

Gracias a todos los profesores y compañeros que en conjunto vivimos cada día en las salas de clases. Aprendí a madurar y crecer como estudiante.

Feliz y agradecida del resultado en estos años de estudio, esperando que sea el primer de varios logros a futuro.

Índice

Lista de Figuras	5
Lista de tablas	6
Resumen	7
Abstract	8
1. Antecedentes Generales	9
1.1 Introducción	10
1.2. Planteamiento del problema	12
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivo general	13
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.4. Alcances	13
1.5. Metodología de la investigación	14
2. Marco Teórico	15
2.1. Oficinas salitreras	16
2.1.1. Generalidades	16
2.2. Agentes de degradación	17
2.3. Agentes abióticos	18
2.3.1. Agentes atmosféricos	18
2.3.2. Agentes químicos	19
2.4. Agentes bióticos	22
2.4.1. Microorganismos halófilos	22
2.4.2. Hongos	24
2.4.3. Insectos Xilófagos	27
2.5. Madera	31
2.5.1. Estructura microscópica de la madera	31
2.5.2. Estructura macroscópica de la madera	33

2.5.3. Propiedades de la madera	35
2.5.4. Pseudotsuga Menziesii	36
3. Materiales y Métodos.....	37
3.1 Generalidades	38
3.1.1 Lugar de estudio y descripción	38
3.2. Recolección de muestras y aislamiento de microorganismos.	41
3.3. Identificación de la(s) especie(s) de madera(s):	42
3.4. Observación macroscópica de los elementos de madera (SM):	43
3.5. Preparación de muestras	43
3.5.1. Medios de Cultivo	43
3.5.2. Inoculación de muestras:	45
3.6. Preparación extracción de DNA	46
3.7. Extracción DNA	49
3.8. Amplificación DNA.....	50
4. Análisis y resultados.....	51
4.1. Análisis de resultados de la(s) especie (s) de madera(s):	52
4.2. Análisis y resultados macroscópicos de las muestras de madera:.....	53
4.3. Resultados y análisis de microorganismos:	64
4.4. Observación mediante microscopio óptico:	66
4.5. Descripción de las especies de microorganismos encontrados.	68
5. Conclusiones.....	73
5.1 Conclusiones	74
Bibliografía.....	75

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Madera con presencia de Pudrición blanca.	25
Figura 2.2 - Madera con presencia de pudrición café.....	25
Figura 2.3 - Madera con presencia de pudrición blanca.....	26
Figura 2.4 - Ciclo de vida de las termitas de madera seca.....	27
Figura 2.5 - Ciclo de vida de los Coleópteros.....	29
Figura 2.6 -Fibras de madera conífera.....	32
Figura 2.7 - Fibras de madera leñosa o latifoliadas.....	32
Figura 2.8 - Cortes en distintas direcciones de un tronco.....	33
Figura 2.9 - Corte Transversal de un tronco, con sus anillos de crecimiento visibles.	34
Figura 3.1 – Torre de enfriamiento, Peña Chica.....	38
Figura 3.2 – Base de Torre de enfriamiento, Peña Chica.....	38
Figura 3.3 - Vestigios de Oficina Salitrera Keryma.....	39
Figura 3.4 - Residuos de la planta salitrera, Oficina Salitrera Keryma.....	39
Figura 3.5 - Imagen de los vestigios de madera en donde se observa la distribución de pies derechos en casa de los obreros, Oficina Salitrera Ramírez.	40
Figura 3.6 - Muestra de Madera.....	41
Figura 3.7 - Muestra de Hongo en Tórula.	41
Figura 3.8 - Hongos aislados en placas Petri en un medio de cultivo.....	45
Figura 3.9 - Matraces de Erlenmeyer de 250 ml.	46
Figura 3.10 - Matraces de Erlenmeyer de 250 ml con hongos y medio de cultivo líquido Malta Agar.....	46
Figura 3.11 - Equipo Shaker con matraces en movimiento.	47
Figura 3.12 - Mortero de porcelana más micelio seco.....	47
Figura 3.13 - Tubos Eppendorf con micelio pulverizado.....	48
Figura 3.14 - Material genético en tubo Eppendorf.	49
Figura 3.15 - Electroforesis.....	50
Figura 4.1 - Estructura anatómica de una madera Conífera.....	52
Figura 4.2 - Muestra de madera SM1	53
Figura 4.3 - Muestra de madera SM2	54
Figura 4.4 - Muestra de madera SM3	55
Figura 4.5 - Muestra de madera SM4	56
Figura 4.6 - Muestra de madera SM5	57
Figura.4.7 - Muestra de madera SM6	58
Figura 4.8 - Muestra de madera SM7	59

Figura 4.9 - Muestra de madera SM8	60
Figura 4.10 - Muestra de madera SM9	61
Figura 4.11 - Muestra de madera SM10.....	62
Figura 4.12 - Placas Petri con hongos purificados.	64
Figura 4.13 - Placas Petri con dos microorganismos.	64
Figura 4.14 - Crecimiento de más de un microorganismo en placa Petri.....	65
Figura 4.15 - Crecimiento acelerado de hongos en Matraces de Erlenmeyer.	65
Figura 4.16 - Hongo superior de clasificación Ascomicetes.	66

Lista de tablas

Tabla 4.1. Determinación de la especie de hongos de las muestras.	67
---	----

Resumen

La explotación del salitre, comenzó en el año 1810 con campamentos básicos y rudimentarios para la extracción de minerales hasta el año 1870, el desarrollo tecnológico y el aumento de población promovieron la construcción masiva de Oficinas Salitreras y casas que se componían principalmente de madera.

El alcance de esta investigación son las Oficinas Salitreras Peña Chica, Keryma y Ramírez, las cuales fueron construidas con elementos de madera, estando expuestas a agentes de deterioro biótico y abiótico.

El primer objetivo fue determinar el tipo de madera para pronosticar posibles agentes de degradación, en donde se determinó que el Pino Oregón *Pseudotsuga Menziesii*, está presente en la totalidad de muestras seleccionadas al azar.

El segundo objetivo de determinación e identificación de agentes abióticos o bióticos, mediante la observación macroscópica, se obtuvo en la mayoría de las muestras estudiadas; las características del deterioro por desfibrado y una muestra con la presencia de insectos xilófagos perteneciente a un coleóptero.

Finalmente, el tercer objetivo fue determinar e identificar los agentes de deterioro biótico, lo cual llevó a una observación macroscópica, microscópica y trabajos con técnicas moleculares. El resultado del análisis a las muestras fue la aparición de hongos presentes tanto en el interior como en la superficie de la madera.

Es por ello, que el deterioro de la madera puede ser identificado mediante los 3 objetivos propuestos.

Palabras clave: Madera, deterioro, agentes bióticos, agentes abióticos.

Abstract

The exploitation of saltpeter, began in 1810 with basic and rudimentary camps for the extraction of minerals until 1870, technological development and population growth promoted the massive construction of Saltpeter Offices and houses that are mainly made of wood.

The scope of this research is the Peña Chica, Keryma and Ramírez Saltpeter Offices, which were built with wooden elements, being exposed to biotic and abiotic deterioration agents.

The first objective was to determine the type of wood to predict possible degradation agents, where it was determined that the *Pseudotsuga Menziesii* Oregon Pine is present in all randomly selected samples.

The second objective of determination and identification of abiotic or biotic agents, through macroscopic observation, was obtained in most of the samples studied; the characteristics of deterioration due to defibration and a sample with the presence of xylophagous insects belonging to a beetle.

Finally, the third objective was to determine and identify biotic performance agents, which has been a macroscopic, microscopic observation and work with molecular techniques. The result of the analysis of the samples was the appearance of fungi present both inside and on the surface of the wood.

That is why the deterioration of the wood can be identified by the 3 proposed objectives.

Keywords: Wood, deterioration, biotic agents, abiotic agents.

1. Antecedentes Generales

1.1 Introducción

La madera es un material de origen vegetal que se clasifica según su dureza siendo duras, blandas y finas (Chávez Valencia, et al, 2010), en la construcción son empleadas según su función, factores económicos, calidad, puesta en servicio, entre otros (García, 2013).

La madera es uno de los primeros materiales que han sido utilizados para la construcción hasta el día de hoy, su accesibilidad responde a su abundancia y a su proceso de transformación que no requiere de mucha energía, si se compara con la fabricación de otros materiales. Se caracteriza por ser un aislante acústico y térmico natural, es decir, la capacidad de almacenar calor durante el día y disiparlo durante la noche (Garrido, 2015).

Las viviendas con elementos de madera, presentes en climas áridos y húmedos, están expuestos a cambios considerables de temperatura como también un hábitat óptimo para hospedar microorganismos dependientes de la madera (Ortiz et al., 2014).

En la madera existe la presencia de agentes bióticos y abióticos; el primero se define como todos los organismos vivos consumidores de madera, por ejemplo: los insectos xilófagos o microorganismos como los hongos clasificados como eucariotas que poseen la capacidad de adaptarse en un ambiente extremo hipersalino (Ortiz & Blanchette, 2014).

Los agentes de deterioro abiótico son seres inertes, como factores climáticos, geográficos o geológicos que afectan al ecosistema, por ejemplo la radiación solar (luz ultravioleta o infrarroja), humedad (rocío, lluvia, nieve, humedad) y temperatura, por otra parte la propia naturaleza de la madera como la densidad, composición física, química y anatómica influyen sobre estos cambios (Rodríguez & Fuentes, 2003). El conjunto de estos elementos como su interacción, son puntos clave que intervienen en el proceso de envejecimiento, degradación o pérdida de resistencia por reacciones químicas que la transforman en alimento asimilable, en otros compuestos y finalmente por energía como en el caso del fuego (Peraza, 2002).

En el año 1810 comenzó el proceso de explotación de minerales para la fabricación del salitre, el cual fue repercutiendo poco a poco en el ámbito económico, social y político en la Región de Tarapacá. La construcción de puntos de explotación se inició con un sistema de paradas con materiales rudimentarios en donde los habitantes vivían en campamentos que eran contruidos de adobe, cañas, caliche y cuero.

Posteriormente, la alta demanda en el año 1842, el desarrollo industrial, tecnológico y el aumento poblacional, significó la necesidad de expandirse con la construcción de Oficinas Salitreras, edificaciones tanto para jefes y obreros que tenían sectores designados para su convivencia, y a la vez establecimientos como teatros, boticas, pulperías, etc.

Los materiales que utilizaron para edificar, fueron reciclados por la dificultad de transporte, por lo tanto extraían los residuos de fabricación del salitre para la preparación de hormigón Pampino compuesto por agua, chuca (chuca es parte de la costra salitral, es decir, una masa suelta finamente pulverizada de color ocre) y madera como elemento estructural en tabiquerías, cerchas, tijerales, revestimiento, que era conseguido por la llegada de barcos que exportaban salitre.

El éxito de producción del salitre fue fructífero económicamente, hasta su declive con la creación del salitre sintético en el año 1930, ya que en la Primera Guerra Mundial se elaboró este producto, debido a la utilización de armas y explosivos que demandaban los países en conflicto (S. González, 2008).

Los vestigios existentes de estas salitreras es el legado cultural de la actividad minera y por ende un patrimonio de nuestro país, es decir, cualquier parte del territorio que haya soportado la actividad extractiva de minerales o rocas, sin importar el estado en que se encuentre es una apreciación de la valorización de hechos o situaciones denominándose como paisaje cultural o paisaje minero (López & Pérez, 2013). La importancia y relevancia de la historia, es relevante a la hora de evidenciar cómo se produce el deterioro de las infraestructuras de estos espacios a través del tiempo (S. González, 2008).

El poder reconocer los daños causados por estos bio-degradadores del material lignocelulósico, constituye una de las primeras medidas de control, debido a que una vez identificado el agente causal, es posible implementar las mejores estrategias de manejo y eliminación de estos organismos, que causan tantos problemas a quienes utilizan la madera.

.

1.2. Planteamiento del problema

Las construcciones de madera en la Región de Tarapacá, en particular en la zona desértica donde están presentes las Oficinas Salitreras, han estado más de cien años expuestas a un clima extremadamente cálido, árido y húmedo, debido a las considerables diferencias de temperatura durante el día y la noche (Sepúlveda et al., 2014), un ambiente hipersalino y la exposición a la radiación UV en altas concentraciones, produce en la madera modificaciones estructurales o cambios debido a la posibilidad de hospedar microorganismos dañinos.

Considerando que desde antaño se ha utilizado la madera como materia prima en la construcción, a través del tiempo se han modificado sus técnicas y tecnologías constructivas para adecuarse a distintas zonas climáticas y desafíos en la construcción.

Las edificaciones de maderas están expuestas a agentes bióticos y abióticos, provocando el daño superficial o interior de esta (Mansour & Salem, 2015). La capacidad de algunos microorganismos de adaptarse a las condiciones climáticas de altas concentraciones de sal (NaCl) llamados hongos halófilos, son agentes de deterioro que pueden remover selectivamente la celulosa (polisacárido estructural presente en la madera en un 40-50%), lignina (está presente en la pared celular 25% aproximadamente) y la hemicelulosa (forma parte de las paredes de las células vegetales en un 25-40%), perdiendo sus propiedades de solidez y experimentan roturas drásticas siendo la mayoría de las causales de pudrición de casas (G. González, 2012). Otro microorganismo que la deteriora son las termitas y coleópteros, que atacan la madera siendo dependientes de ella para sobrevivir.

Las ex Oficinas Salitreras Peña Chica, Ramírez y Keryma, ubicadas en la Región de Tarapacá, poseen vestigios de madera que sufrieron modificaciones por la destrucción sucesiva cometida por el Hombre, como también por agentes de deterioro que están presentes hoy en día, por lo tanto se necesita dar conocer el o los agentes de deterioro en condiciones climáticas extremas del desierto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar los agentes de deterioro presentes en maderas obtenidas desde las ex Oficinas Salitreras Peña Chica, Ramírez y Keryma, ubicadas en la Región de Tarapacá.

1.3.2. Objetivos específicos

- 1.- Identificar las especies de madera.
- 2.- Determinar tipos y agentes de deterioro abiótico.
- 3.- Determinar tipos y agentes de deterioro biótico.

1.4. Alcances

El trabajo de investigación, consistió en la determinación del estado de deterioro de los vestigios de madera que se obtuvieron desde las Oficinas salitreras Peña Chica, Keryma y Ramírez. Las muestras recolectadas -de forma aleatoria- ubicadas en la Región de Tarapacá se adquirieron para su evaluación en el Laboratorio de Biodeterioro y Biodegradación de la Universidad de Valparaíso.

Se realizó la determinación de los agentes abióticos, mediante la observación macroscópica, siendo este procedimiento previamente estudiado para evaluar el estado de cada muestra seleccionada.

Se determinaron los agentes bióticos mediante técnicas de biología molecular para un análisis de identificación de la especie de cada microorganismo encontrado en las muestras.

1.5. Metodología de la investigación

La metodología a seguir está dividida en 5 etapas para poder cumplir con los objetivos propuestos.

- Bibliografía:

Conocimientos del lugar a estudiar, en consideración a su calidad de lugares patrimoniales, es necesario saber el contexto histórico en el que se desarrolló la extracción del Salitre hasta su declive.

Recolectar información sobre los agentes de degradación bióticos y abióticos, esto permitirá el conocimiento de la determinación del tipo de deterioro a identificar..

Recopilación de conceptos de las propiedades, estructura microscópica y macroscópica de la madera.

- Selección de las muestras a investigar:

Se extrajeron al azar dos tipos de muestras, se utilizaron tómulas esterilizadas para poder extraer de la superficie de elementos de madera y la obtención de fragmentos de madera, todo fue llevado al laboratorio de Biodegradación y Biodeterioro de la Universidad de Valparaíso (lugar en donde se comienza la investigación).

- Procedimientos en laboratorio :

Se codificarán todas las muestras, el estudio de protocolos para la purificación de los hongos microscópicamente y la observación macroscópica de las muestras de madera.

Se deberá realizar los procedimientos de laboratorio con los implementos necesario para cada

- Análisis de los resultados obtenidos:

Con la información recopilada de las muestras incluyendo el estudio realizado para poder hacer los procedimientos necesarios, se deberá interpretar el resultado obtenido por cada tipo de muestra biótica y abiótica.

- Conclusiones:

Se elaborarán las conclusiones acorde a los objetivos planteados, a fin de obtener con la información disponible, los conocimientos necesarios para la identificación del tipo de madera en estudio y la determinación de los agentes de degradación biótico y abiótico.

2. Marco Teórico

2.1. Oficinas salitreras

2.1.1. Generalidades

El salitre en su estado natural es una mezcla de nitrato de sodio (NaNO_3) y nitrato de potasio (KNO_3), se encuentran en algunos países de Sudamérica principalmente en Chile en la Región de Tarapacá y Antofagasta en donde se formaron las primeras instalaciones de faenas, se comenzó la extracción de estos minerales en el año 1810, siendo centros rentables a través del tiempo debido a la demanda internacional, en sus inicios con un sistema de paradas con campamentos pequeños y rudimentarios que cada vez iba perfeccionándose tecnológicamente a lo largo del tiempo (Salitre, 2012).

En el año 1842, el éxito del salitre propició la organización del territorio para su explotación en sectores de la Pampa del Tamarugal denominados “Cantones Salitreros”, que conforman un grupo de Oficinas Salitreras cercanas (Salitre, 2012). En esos sectores se encontraba el mejor contenido de nitrato, bajo un clima desértico que se caracteriza por su extrema aridez a nivel mundial, esta condición requería la adaptación de los habitantes que desempeñaban distintos cargos en las Salitreras (Salitre, 2012).

En el año 1870 la explotación salitrera solo se realizaba en la Región de Tarapacá, por tanto el desarrollo de esta actividad era tan importante, que provocó socialmente un desacuerdo por parte del Estado Peruano y Boliviano, ya que ellos querían controlar la industria del salitre, cobrando impuestos a Chile por su ubicación territorial entre Antofagasta y Tarapacá, complicando la comunicación entre países; esto repercutió en la Guerra del Pacífico o también llamada Guerra del Salitre en el año 1879, finalmente se configuraron los límites geográficos en el año 1883 formalizando a estas dos Regiones como pertenecientes al territorio Chileno (Memoria Chilena, 2016).

La industria del salitre fue un soporte económico a nivel nacional, con un catastro total de 126 oficinas salitreras en la Región de Tarapacá, las cuales decayeron considerablemente en el año 1930 con la producción industrial de sulfato de amonio en Alemania reemplazando el salitre natural, evidenciando solo 32 oficinas salitreras en funcionamiento en esos años (González & et-al, 2016).

2.2. Agentes de degradación

La madera es un material de origen orgánico, está compuesta por fibras de celulosa unidas por hemicelulosa y lignina, siendo éstas afectadas por los agentes de degradación que intervienen de forma directa o indirecta con el deterioro de la madera. Existen dos tipos de agentes: abióticos (seres no vivos) y bióticos (seres vivos). Los primeros son referentes a los factores ambientales como radiación UV o Infrarrojo, humedad, reacciones químicas y el fuego. Los agentes de deterioro biótico pertenecen al reino animal y vegetal, siendo huéspedes o dependientes de la madera que es la base de su alimentación (Ibañez & Montero, 2012).

Las condiciones para cada agente de deterioro son específicos, por lo que la degradación de la madera implica que los daños producidos pueden ser evidenciados con el paso del tiempo y la variación de los factores climáticos, entre otros (Navarrete, 1991).

El deterioro en cada especie de madera no es el mismo, todas poseen distintas características como densidad, durabilidad natural e impregnabilidad, es decir, el efecto de la degradación de la lignina en la madera que debilita la cohesión entre las fibras (Cabellero & Barriola, 2014).

2.3. Agentes abióticos

2.3.1. Agentes atmosféricos

Sol

Existen dos agentes provenientes del sol, la radiación ultravioleta y los rayos infrarrojos los que afectan la madera. La radiación ultravioleta provoca la degradación de la lignina, es decir, provoca la pérdida de cohesión entre las fibras, por lo tanto mientras más expuesta esté la madera al sol, la celulosa es afectada directamente perdiendo la coloración original tomando tonos grises denominado como fotodegradación, dañando principalmente la zona más blanda de la madera, el cual es el anillo de crecimiento en primavera, dejándola con surcos más profundos en la superficie (Alcibar, 2014).

Los rayos infrarrojos son los que producen un calentamiento directo en la zona donde incide, produciendo fendas o fisuras en la superficie debido a la contracción de la madera, estas grietas permiten el acceso de microorganismos u organismos xilófagos, siendo un hábitat óptimo para hospedar en la madera (Angel, 2017).

Lluvia

La lluvia es un agente que varía según el lugar en donde se encuentra la madera puesta en servicio, la cantidad de agua que reciba en sectores lluviosos o húmedos, produce la dilatación de sus fibras desde el interior hacia el exterior de ésta (Angel, 2017). La cantidad de humedad superior al 20% e inferior al 140% permite la proliferación de distintos tipos de microorganismos e insectos xilófagos debido a las condiciones óptimas para poder desarrollarse, ya que mayor a ese porcentaje no tiene la suficiente oxigenación. Los hongos son capaces de existir a temperaturas que oscilan entre 3 y 50 °C (Cabellero & Barriola, 2014).

2.3.2. Agentes químicos

Los agentes químicos son todos aquellos que permiten alteraciones en la durabilidad de la madera disminuyendo su vida útil, esto tampoco quiere decir que va a garantizar una protección total de la madera, ya que ésta se ve atacada por ácidos y bases alterando el tejido leñoso, todas estas afecciones tornan el color exterior de la madera (Fernández, 2001).

La humedad excesiva y el Ácido Tánico que la madera contiene (en más cantidad en las frondosas que en las coníferas) pueden oxidar los metales en contacto, manchar la madera y quebrarla por el aumento de volumen que producen los productos resultantes.

Las condiciones más adecuadas para el uso de la madera en contacto con compuestos químicos, son las siguientes:

- El pH de las soluciones se encuentra entre 2 y 11.
- La temperatura inferior a 50 °C
- No existir contacto con agentes químicos oxidantes.

Álcalis

Los álcalis son todas aquellas bases que disminuyen las propiedades de la madera debido a la disolución de la lignina y de la hemicelulosa, estas soluciones afectan especialmente a las maderas del tipo frondosas, por lo que las coníferas son más resistentes frente a la exposición de estos agentes, la resistencia a la corrosión se puede medir calculando la pérdida de peso por unidad de volumen o utilizando el valor del pH como un índice de la corrosión (Peraza, 2002).

Ácidos

Los ácidos producen la hidrólisis en la celulosa de la madera y causa la pérdida permanente de su resistencia mecánica. El valor del pH al igual que en los álcalis también se puede utilizar para evaluar la acción corrosiva de los ácidos. Las sales de hierro que se producen puntualmente en las piezas unidas con placas metálicas, pernos y otros elementos, son muy ácidas y originan hidrólisis en la madera en presencia de agua libre, esta acción se acelera con la humedad, la presencia de oxígeno puede jugar un importante papel, este defecto no se produce en maderas correctamente secadas (Peraza, 2002).

Sales

El desfibrado es un agente de deterioro debido a la concentración de sales en la madera, en donde se pueden observar de manera macroscópica las fibras individuales en la superficie de la madera, esto se produce por la degradación de la laminilla media altamente lignificada en especies de madera *Pseudotsuga Menziesii*. Sin embargo la madera no es afectada mecánicamente (Ortiz & Blanchette, 2014).

2.3.3. Fuego

La madera está formada por carbono, un material combustible y susceptible de ser degradada por el fuego. La degradación se produce mediante reacciones químicas (combustión) disminuyendo paulatinamente su sección resistente hasta causar su total destrucción, dependiendo del tiempo de exposición al fuego. La combustión en la madera, ocurre al combinarse la acción de sus principales componentes: carbono, hidrógeno y oxígeno, para dar como resultado anhídrido carbónico y agua (Fernández, 2001).

El comportamiento de la madera al estar expuesta a un foco de calor: el contenido de humedad disminuye en la zona afectada, este hecho es detectado por la sudoración que aparece en la superficie, el aporte de calor se mantiene hasta llegar a una temperatura de 270°C y comienza el desprendimiento de vapores, que en caso de aumentar, está susceptible a arder, este proceso es llamado pirolisis de la madera, es decir, se descompone en gases según las temperaturas alcanzadas (Vega & Llinares, 2010).

La resistencia de la madera contra el fuego se mide en minutos por lo tanto, es la capacidad que un elemento de construcción está expuesto, determinando cualidades en ciertos límites de temperatura (Garay & Henriquez, 2010).

Los elementos constructivos de madera de mayores espesores y alta densidad son más resistentes al reaccionar con el fuego. A pesar de que la madera sea un material inflamable a temperaturas relativamente bajas, en relación con las que se producen en un incendio es más seguro de lo que la gente cree (Fernández, 2001).

2.4. Agentes bióticos

Los agentes bióticos son todos aquellos seres u organismos vivos que pertenecen al reino animal o vegetal, estos agentes de deterioro de la madera se enfocan directamente con los hongos e insectos xilófagos, es decir, todos aquellos que debido a las condiciones climáticas, especie de madera y necesidades básicas, se alimentan de los componentes de la madera disminuyendo sus propiedades físicas. La degradación de la madera es provocada por uno o más agentes que pueden ser identificados por características macroscópicas observadas en la superficie, un diagnóstico previo a los posibles deterioros se definen por la especie de madera y las condiciones ambientales, esto no quiere decir que no se deban hacer procedimientos de laboratorio para tener un registro de los microorganismos presentes en nuevas condiciones climáticas, antes no existentes.

2.4.1. Microorganismos halófilos

Los microorganismos son seres vivos o sistemas biológicos que sólo pueden observarse con ayuda de un microscopio óptico debido a su tamaño. Los microorganismos halófilos pertenecen a climas extremos salinos (Edbeib, 2016), debido que a lo largo del tiempo, éstos han evolucionado y desarrollado diversas propiedades o mecanismos de adaptación a estos ambientes extremos (Mesequer, 2004).

Este tipo de hongos pertenecen al grupo Eucariota (Castro & Flores, 2011), se clasifican en dos grupos por el rango de porcentaje de sal que requieren, es decir, halófilos moderados que necesitan desde el 5 al 20% de NaCl, mientras que el halófilo extremo solicita una concentración más elevada que va desde un 20 a un 30% de NaCl (Mesequer, 2004).

En el reino fungi existen 2 clasificaciones de hongos, están los inferiores que son oomicófitos y zigomicófitos, el micelio que posee no presenta tabiques internos (no septado), mientras que los hongos superiores se dividen en dos del subreino Diyarca como ascomicetes y basidiomicetes (Marín, 2006).

Los hongos superiores son mucho más evolucionados y son de tipo arbóreo, siendo los ascomicetes que se reproducen sexualmente, por ejemplo los hongos como las levaduras y mohos son hifas septadas (tabiques), esto implica que pueden sobrevivir en lugares en estado inactivo o latente durante años y reactivarse en las condiciones necesarias para su crecimiento, mientras que los basidiomicetes se reproducen por medio de cuatro esporas y tienen la forma de columna arbórea observándose macroscópicamente como setas que pueden ser hongos comestibles, tóxicos o los que atacan principalmente plantas (Castiglia & Kuhar, 2013).

2.4.2. Hongos

Los hongos son microorganismos que viven de forma saprófita o parásita, su organización celular es totalmente primitiva siendo inofensivos en estado latente (pasivo) y en estado activo muy dañinos. Se puede observar a simple vista un hongo debido al color, aroma, aparición en la superficie hifas ramificadas (micelio) y/o proliferación de setas que crecen con distintas morfologías.

Existen 3 tipos de hongos relacionados con el deterioro de la madera como los mohos, hongos cromógenos y hongos de pudrición, cada uno posee distintas capacidades de deteriorar de menor a mayor intensidad la resistencia de la madera (Peraza, 2002).

Los hongos poseen esporas que se encuentran en todas partes, pueden ser arrastradas por el viento, animales o agua. El ciclo biológico comienza cuando existen las condiciones óptimas para su proliferación, es decir, el contenido de humedad mayor al 20% (Castiglia & Kuhar, 2013).

Los mohos se alimentan del lumen de la madera, por lo tanto no degradan la madera significativamente, sólo se pueden observar las esporas en la superficie de un tono oscuro o en presencia de proliferaciones algodonosas.

Los hongos cromógenos se alimentan del contenido celular de la madera, no producen degradaciones en su pared celular y apenas afectan las propiedades de la madera, se caracterizan porque producen decoloraciones en tonos azulado, verde, entre otros.

Los hongos de pudrición producen una degradación más dañina, éstos alteran las paredes celulares de la madera, por lo que no es fácil reconocer sus etapas iniciales de crecimiento, ya que las hifas permanecen ocultas en su interior, poco a poco la madera comienza a perder peso y aumenta su contenido de humedad, en la fase final del proceso se llega a la disgregación total de la estructura con una pérdida importante de sus propiedades físicas (Fernández, 2001). Los tipos de hongos de pudrición existentes son los de pudrición blanca, café y blanda, cada uno se caracteriza por degradar distintos componentes de la madera (Alcibar, 2014).

Pudrición blanca

Este tipo de pudrición es de origen basidiomicetos. Los hongos se caracterizan por la capacidad de degradar y mineralizar la lignina mediante un sistema extracelular compuesto por enzimas, las que causan en la madera un aspecto fibroso y blanquecino. Esto se debe al color marrón de la lignina que es decolorado al degradarse (Quintero, 2011). La pudrición blanca aparece cuando la madera está directamente en contacto con el suelo, esto es por el alto contenido de humedad a la que está expuesta (Martinez, 2011).



Figura 2.1 - Madera con presencia de Pudrición blanca.

Pudrición parda o cúbica

La pudrición café es la descomposición de la madera causada por hongos, degradan la hemicelulosa y celulosa de la pared celular, las que se caracterizan por su color blanco. La lignina al no ser degradada presenta su color marrón. La madera como producto de su biodeterioro resulta un material fácilmente de desintegrar y pulverizable, se puede observar a simple vista ya que se crea una superficie cúbica (Martinez, 2011).



Figura 2.2 - Madera con presencia de pudrición café.

Pudrición blanda

Este tipo de pudrición se caracteriza por hongos superiores ascomicetes, es decir, que sus hifas se desarrollan en el interior de la pared celular superficial atacando la celulosa de la pared celular, dejando la superficie de la madera una terminación esponjosa, esto ocurre cuando existen altos porcentajes de humedad (Peraza, 2002).



Figura 2.3 - Madera con presencia de pudrición blanca.

2.4.3. Insectos Xilófagos

Estos organismos son capaces de causar severos daños en la madera a través de galerías, esto ocurre frecuentemente en la etapa de crecimiento de los insectos en los árboles, madera puesta en servicio o apiladas. Los insectos se pueden clasificar según su ciclo larvario (carcomas) o en insectos sociales (termitas) ya que su ciclo biológico es distinto (Peraza, 2002).

Termitas

Las termitas ocasionan pérdidas que dañan económicamente desde grandes empresas de cultivos agrícolas y forestales, hasta casas o muebles de madera (Pinzón, 2012). Estos Insectos xilófagos se reproducen en la madera siendo los más perjudiciales de su especie, el ciclo de vida de las termitas se divide en 3 posibles individuos, con un cargo en la colonia. Estos son:

- Obreros: son todos aquellos que buscan alimento,
- Soldados: son encargados de cuidar la colonia o
- Ninfas: se transforman en termitas aladas o reproductivas volviendo al inicio, distinguiendo a reyes alados y los reyes secundarios o reina.

El deterioro de la madera de estos insectos, es mediante la construcción de canales fabricados con saliva o excremento creando caminos, del cual los obreros son los encargados de construir, limpiar y buscar alimento para la colonia, descomponiendo la celulosa de la madera transformándola en azúcares asimilables (G. González, 2012).

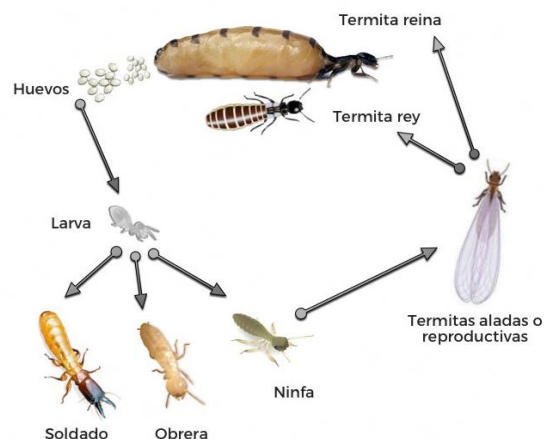


Figura 2.4 - Ciclo de vida de las termitas de madera seca.

Existen distintos 2 tipos de termitas (Garrido, 2015):

Termitas subterráneas:

- Viven en grandes colonias en subsuelos para atacar la madera.
- Tiene que tener ciertas condiciones de humedad.
- Su nido principal está fuera de la madera atacada.

Termitas de madera seca:

- Este tipo de termita habita en la madera.
- Su ataque es grave, porque pueden destruir toda una estructura de madera.
- Muchas veces no se aprecia en superficies ya que dejan siempre una fina capa de 1 o 2 milímetros para su transporte.

Coleópteros

Los coleópteros son insectos que se alimentan de la madera causando daños en las construcciones, atacando estructuras, muebles, entre otros. Esto causa la disminución de su vida útil presupuestada.

Principalmente los coleópteros se caracterizan por ser un carcoma, ya que mayoritariamente atacan la madera puesta en obra (Peraza, 2002). Los coleópteros son aquellos que cumplen el ciclo completo de metamorfosis, éste se completa en 4 estados o fases sucesivas de desarrollo (huevo, larva, pupa e insecto adulto), iniciando con los huevos que son introducidos en la madera sin dar señales de su presencia hasta que se transforman en larva, en esta etapa son altamente dañinos ya que realizan su actividad excavadora con una durabilidad mínima de 2 años. En estado pupa, no realizan actividades ya que es la transformación de larva a adulto, para poder finalmente salir al exterior de la madera atacada, quedando en evidencia la superficie con orificios que hicieron otros adultos anteriormente o creando nuevos canales de salida, esto no permite medir el daño que está al interior de la madera atacada (Liotta, 2000).

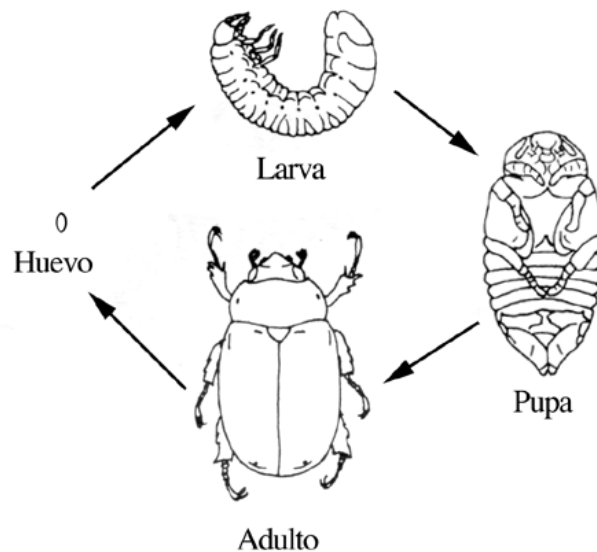


Figura 2.5 - Ciclo de vida de los Coleópteros.

Entre las distintas especies de coleópteros se pueden apreciar, según (Garrido, 2015):

- Sirex: estas especies atacan principalmente a las coníferas, son himenópteros, es decir, cuyas larvas perforan galerías y al llegar a la etapa de adultos se dirigen la superficie para abandonar la madera.
- Callidium: Coleóptero cuyas larvas viven entre la corteza y la albura, formando galerías hacia el interior y saliendo luego al exterior practicando una perforación en la corteza.
- Criocehalus rusticus: Coleóptero que atacan con preferencia a las maderas resinosas, nacen en la corteza y cuando se han desarrollado las larvas, penetran en la albura con poca profundidad para luego salir.

2.5. Madera

La madera es un material de origen orgánico, ha sido utilizada como materia prima desde hace miles de años, su estructura y composición le otorgan propiedades que permiten fabricar objetos desde los más simples a los más complejos como una edificación (Ibañez & Montero, 2012).

2.5.1. Estructura microscópica de la madera

Los árboles están formados por una estructura de células, que constan de:

- Membrana celular: es la encargada de retener la celulosa y la lignina que le otorgarán rigidez y forma definitiva a la madera.
- Protoplasma: es una sustancia viva al interior de la célula vegetal, formada por moléculas de agua, minerales y compuestos orgánicos.
- Núcleo: situada en el centro de la célula, contiene todos los cromosomas con material genético.

Los principales componentes químicos de la madera son:

- Celulosa 50%
- Lignina 30%
- Resina, almidón, tanino y azúcares 20%

De acuerdo a su estructura celular, las especies de árboles se dividen en dos grandes grupos:

- **Coníferas**: Es madera densa y de calidad, debido a la existencia de células denominadas traqueideas realizan la doble función de sostén y conducción de savia. Posee la característica de proporcionar un líquido viscoso y pegajoso llamado resina. Actualmente se conocen unas cuatrocientas especies tales como Pino, Alerce, Cedro, Abeto, Ciprés, entre otras.
- Geológicamente sus fósiles evidencian que son las especies más antiguas y poseen células de estructura homogénea.



Figura 2.6 -Fibras de madera conífera.

- **Latifoliadas o frondosas:** Son árboles con numerosas familias y millares de especies, poseen hojas largas y de nervios ramificados, proporcionan maderas de características muy variadas creciendo en zonas templadas y tropicales.

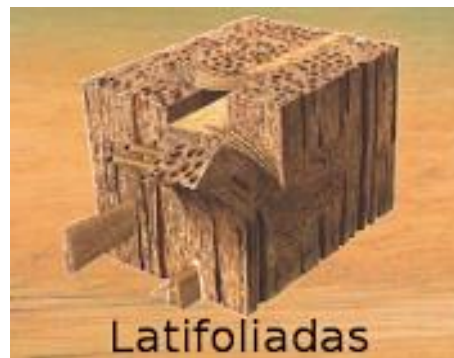


Figura 2.7 - Fibras de madera leñosa o latifoliadas

2.5.2. Estructura macroscópica de la madera

La madera es un material anisotrópico, es decir, no se comporta en la misma dirección de todas sus fibras, la resistencia que posee por su trabajo a tracción es la máxima cuando la solicitación es paralela a su fibra, en cambio cuando su posición es perpendicular, es la menos resistente (Fernández, 2001).

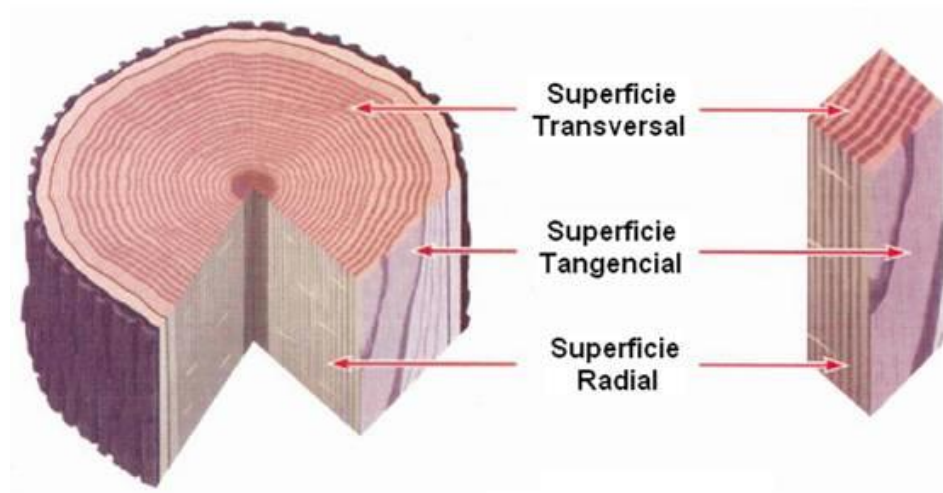


Figura 2.8 - Cortes en distintas direcciones de un tronco.

La madera origina dos tipos de esfuerzos a flexión, uno a tracción y otro a compresión en una zona neutral. Para realizar el análisis de las muestras de madera se necesita tener conocimiento de los siguientes cortes observados en figura 2.8:

- Corte transversal: corte realizado en forma perpendicular al eje del árbol.
- Corte radial: corte perpendicular en diámetro al eje principal del árbol, se pueden apreciar sus anillos de crecimiento.
- Corte tangencial: corte realizado en la tangente del radio de la circunferencia del árbol.

La madera joven posee todos los anillos de crecimiento, mientras que la madera vieja pierde su masa desde el centro hacia afuera del tronco, pero esto no significa que no pueda ser utilizada. Existen las maderas verdes y secas, que depende del contenido de humedad, siendo la primera más flexible que la segunda. Este material se mide por su dureza, que está relacionada con la densidad, es decir, a mayor densidad mayor será su dureza, siendo la humedad como un factor que puede modificar la dureza de la madera (Alcibar, 2014; García, 2013).

Al realizar un corte transversal de un árbol se puede apreciar su estructura:

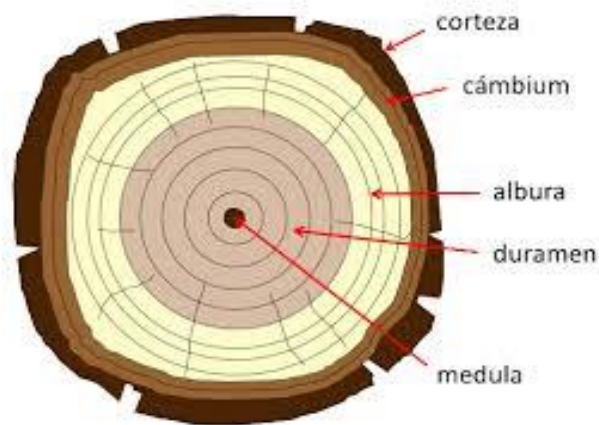


Figura 2.9 - Corte Transversal de un tronco, con sus anillos de crecimiento visibles.

- Corteza: Existen dos tipos, la corteza exterior cumple la función de proteger la estructura interior del árbol y se compone de células muertas. Mientras que la corteza interior (floema) está compuesta por células que trasladan savia elaborada.
- Cambium: situado en donde se produce el crecimiento del árbol, siendo el tejido generador de células, en dirección al interior forma el xilema y al exterior el floema.
- Albura: Corresponde a los anillos de crecimiento más recientes, presenta células que cumplen la función de soporte estructural, traslado de agua y nutrientes.
- Duramen: Es el tejido leñoso que se encuentra en la parte central del tronco, está compuesto por células inactivas, pero mantiene la función de sostén debido a su capacidad de resistencia, otorgar firmeza a la estructura.
- Médula: Se ubica en el centro del árbol, tejido inactivo sin función específica.

En la figura 2.18 se puede observar la existencia de anillos de crecimiento, su ancho va a depender del tipo de especie de la madera, clasificándose en dos grupos: coníferas y latifoliadas.

Las coníferas presentan anillos de crecimientos más gruesos que las del tipo latifoliadas, se diferencian por la densidad de la madera en crecimiento. Al ser madera temprana o de primavera, se observan anillos más claros ya que poseen células de mayor tamaño. En cambio la madera tardía o de verano, posee células más concentradas debido a la estación posterior de invierno, es por eso que tiene un aspecto más oscuro y sus anillos de crecimientos más densos.

2.5.3. Propiedades de la madera

- Anisotropía: es el comportamiento diferente en 3 direcciones del espacio, se refiere a las presiones o fuerzas que están sometidas.
- Densidad: varía según el tipo de madera.
- Elasticidad: es la deformación de la madera debido a presiones o compresiones, volviendo a su estado natural.
- Higroscopicidad: es la porosidad de la madera y su permeabilidad o capacidad de absorber humedad dependiendo del ambiente.
- Movimientos de tracción: la variación dimensional de la madera debido a su contracción y tracción, en donde se puede apreciar el corte tangencial.
- Plasticidad: es la capacidad de deformación de la madera, al ser sometida a cargas durante cierto periodo de tiempo.

2.5.4. *Pseudotsuga Menziesii*

El pino Oregón también llamado *Pseudotsuga Menziesii*, es una especie endémica (nativa) del continente americano, específicamente comenzó su existencia en Estados Unidos y Canadá, siendo abundantes e importantes económicamente (Díaz & Cuevas, 1988). Actualmente el sur de Chile existe un impacto económico con una plantación de 10.000 hectáreas de Pino Oregón en explotación. La característica de esta especie de árbol es por su crecimiento relativamente rápido (período de rotación entre 50 y 60 años) y por las propiedades de resistencia mecánica y fácil de trabajar (Frank & Finckh, 1997).

Es la segunda conífera más alta del mundo después de la Secuoya Roja. Tiene un tamaño aproximado de 60 a 75 metros y con un diámetro de 1,5 a 2 metros. El tiempo de vida del Pino Oregón va desde los 500 e incluso hasta 1000 años (Domínguez-Calleros et al., 2014).

Las propiedades físicas que posee el pino Oregón es la densidad, es decir, la división entre masa y volumen de la madera que están relacionadas con el contenido de agua. Este tipo de madera se caracteriza principalmente por ser una conífera de densidad de 510 Kg/m³. Otra propiedad física que posee es la dureza, que es la dificultad que ofrece la madera para que se introduzcan en ella clavos o cualquier otra partícula. Este valor está asociado a la densidad, por lo tanto al tener una mayor dureza, mayor será su densidad (Cabellero & Barriola, 2014).

3. Materiales y Métodos

3.1 Generalidades

3.1.1 Lugar de estudio y descripción

El lugar de estudio corresponde a tres ex Oficinas Salitreras ubicadas en la Región de Tarapacá:

Peña Chica:

- Ubicada en la comuna de Pozo Almonte, perteneció al Cantón Salitrero De La Peña con un Puerto de embarque en Iquique.
- Coordenadas geográficas: 20°11'1,21"S – 69°48'7,60"O



Figura 3.1 - Torre de enfriamiento, Peña Chica.
Fuente propia, 2017.



Figura 3.2 – Base Torre de enfriamiento, Peña Chica.
Fuente propia, 2017.

Keryma:

- Ubicada en la comuna de Pozo Almonte, perteneció al Cantón Salitrero de Nebraska y con un puerto de embarque en Pisagua.
- Coordenadas geográficas: 20°10'58,39"S – 69°47'8,72"O.



Figura 3.3 - Vestigios de Oficina Salitrera Keryma.
Fuente propia, 2017.



Figura 3.4 - Residuos de la planta salitrera, Oficina Salitrera Keryma.
Fuente propia, 2017.

Ramírez:

- Ubicada en comuna de Huara, perteneció al Cantón Salitrero Huara y con un puerto de embarque en Caleta Buena.
- Coordenadas geográficas: 20°3'7,79"S – 69°44'35,67"O.



Figura 3.5 - Imagen de los vestigios de madera en donde se observa la distribución de pies derechos en casa de los obreros, Oficina Salitrera Ramírez.

Fuente propia, 2107.

3.2. Recolección de muestras y aislamiento de microorganismos.

La recolección de las muestras desde las Oficinas Salitreras Peña Chica, Keryma y Ramírez en la Región de Tarapacá, fue de manera oportunistas. Se colocaron en bolsas estériles fragmentos de madera y además se tomaron muestras sobre la superficie de algunos elementos de madera mediante tómulas, las que fueron introducidas con un medio de cultivo. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Biodegradación y Biodeterioro de la Universidad de Valparaíso, donde se mantuvieron a una temperatura de 4°C.

Para la clasificación de las muestras y determinar el tipo de deterioro biótico o abiótico, se tuvieron que realizar observaciones macroscópicas que fueron clasificadas con los códigos correspondientes a:

- Las muestras de fragmentos de maderas son fueron codificadas como **SM**



Figura 3.6 - Muestra de Madera.
Fuente propia, 2017.

- Las muestras extraídas de superficie de madera mediante tómulas fueron codificadas como **SH**



Figura 3.7 - Muestra de Hongo en Tómula.
Fuente propia, 2017.

3.3. Identificación de la(s) especie(s) de madera(s):

La identificación de la especie fue mediante el protocolo de Díaz- Vaz que consistió en la maceración de las muestras. Se realizaron cortes a los fragmentos de madera en forma de cubos, posteriormente se le realizaron cortes de grosor aproximado de 25 micrones mediante un equipo llamado micrótopo.

Se tuvieron que realizar 3 procedimientos, los que mediante observación en un microscopio óptico se siguieron los siguientes procesos:

- Tinción: Las muestras fueron sumergidas en safranina y azul de astra, ambas diluidas en agua destilada al 1% (p/v), cubriéndolas en ambas diluciones por 3 minutos y posteriormente fueron lavadas con abundante agua.
- Deshidratación: Se realizó la deshidratación con 4 tipos de concentraciones contenidas en placas Petri, siendo éstas alcohol al 30% (p/v), 80% (p/v), alcohol absoluto y xilol. En cada concentración se dejaron sumergidas las muestras por 3 minutos.
- Montaje: Al finalizar los procedimientos anteriormente nombrados, cada muestra fue colocada sobre un portaobjeto codificado, en el cual se aplicó bálsamo de Canadá para su fijación.

3.4. Observación macroscópica de los elementos de madera (SM):

Se realizó la observación macroscópica de las muestras de madera, la cual consistió en la visualización y clasificación del agente por el deterioro presente en la superficie de estos elementos. Se elaboró un análisis mediante el previo estudio para tener la información solicitada.

3.5. Preparación de muestras

3.5.1. Medios de Cultivo

- a) Preparación medios de cultivos sólidos para segmentos de madera:

Se utilizaron 4 medios de cultivos sólidos para los segmentos que fueron extraídos desde el interior de las muestras de madera estudiadas. Este procedimiento se realizó para generar la proliferación de hongos en estos medios de cultivo.

Se utilizaron los siguientes tipos de medios de cultivos sólidos:

- 1) Medio Malta Agar pH 5.6:

El medio de cultivo Malta Agar contiene:

- 15 gr Agar.
- 10 gr Malta.
- 1000 cc de agua destilada.

El pH de la solución fue modificado mediante un pH-metro digital hasta llegar a la escala 5,6.

- 2) Medio Malta Agar pH 6,5:

El medio de cultivo Malta Agar contiene:

- 15 gr Agar.
- 10 gr Malta.

1000 cc de agua destilada.

El pH de la solución fue modificado mediante un pH-metro digital hasta llegar a la escala 6,5

3) Medios Selectivos basidiomicetes

- 15 gr Agar
- 15 gr Malta
- 2 gr Extracto de levadura
- 0,06 gr de Benlate

** Posterior al auto clavado de este medio, se debe incorporar:

- 0,01 gr Sulfato Estreptomicina
- 2 ml de Ácido Láctico

4) Medio PDA (Agar papa destroza)

- 15 gr Agar
- 20 gr Glucosa
- 4 gr papa

b) Medio de Cultivo para muestras extraídas de tómulas

El medio de cultivo sólido fue una solución 15 gr de Malta y 10 gr de Agar en 1000 cc de agua destilada, estos componentes se deben disolver completamente al igual que los medios de cultivos anteriormente descritos y llevados a esterilizarse en autoclave.

3.5.2. Inoculación de muestras:

El procedimiento de inoculación se realizó bajo la cámara de flujo laminar. Se preparó cada placa con 10 gr de medio de cultivo sólido y posteriormente se agregó cada muestra, las que fueron selladas para no permitir acceso a partículas contaminantes.

El proceso de inoculación de las muestras tuvo un periodo de duración de 7 días a temperatura ambiente, para poder utilizar el micelio de los hongos desarrollados.

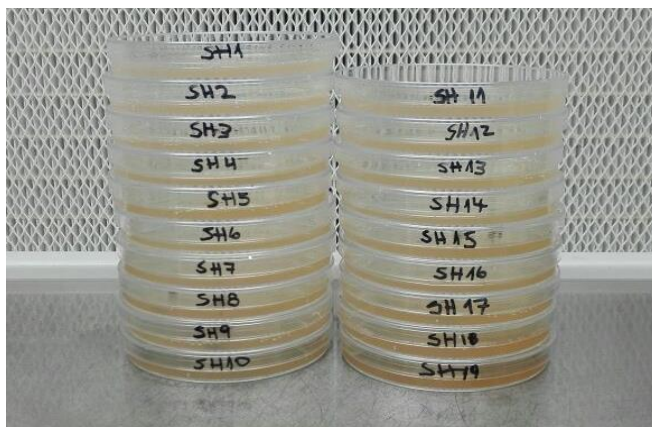


Figura 3.8 - Hongos aislados en placas Petri en un medio de cultivo.
Fuente propia, 2017.

3.6. Preparación extracción de DNA

La preparación de extracción de DNA consistió en una solución de un cultivo líquido con 15 gr de Malta en 1000 cc de agua destilada. Se utilizaron matraces de Erlenmeyer de 250 ml, fueron sellados o taponados con algodón, gasa, papel kraft y papel aluminio, para su esterilización en autoclave.



Figura 3.9 - Matraces de Erlenmeyer de 250 ml.
Fuente propia, 2017.

La inoculación se realizó con cada hongo desde todas las placas Petri, se extrajeron fragmentos de micelio que fueron colocados en matraces de Erlenmeyer con 125 ml del medio de cultivo líquido, el procedimiento se llevó a cabo en la cámara de flujo laminar.



Figura 3.10 - Matraces de Erlenmeyer de 250 ml con hongos y medio de cultivo líquido Malta Agar.
Fuente propia, 2017.

Para el crecimiento de los hongos en el medio líquido se colocaron los matraces codificados en un Shaker (agitador), equipo incubadora en movimiento el cual se dejó con 125 rpm durante 7 días sin interrupción (Fig. 3.10).



Figura 3.11 - Equipo Shaker con matraces en movimiento.
Fuente propia, 2017.

Los hongos que se desarrollaron en el medio líquido aumentando su tamaño, fueron secados en la estufa a 45° C durante 12 horas en placas Petri, posteriormente se retiró el micelio seco de los hongos y fueron colocados en un mortero de porcelana, en el cual se trituraron hasta obtener pequeñas partículas.



Figura 3.12 - Mortero de porcelana más micelio seco.
Fuente propia, 2017.

Las muestras fueron colocadas en tubos Eppendorf codificados los que posteriormente fueron utilizados para los procedimientos de biología molecular.

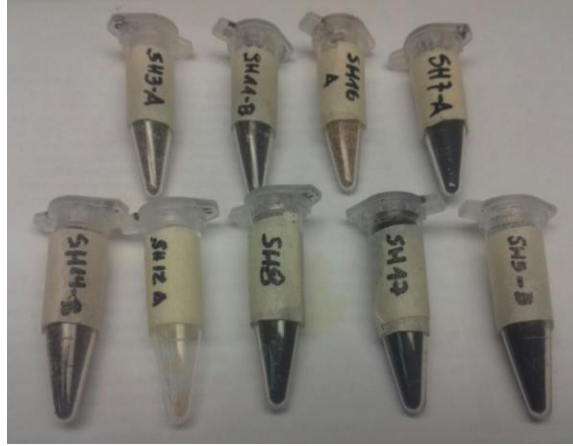


Figura 3.13 - Tubos Eppendorf con micelio pulverizado.
Fuente propia, 2017.

3.7. Extracción DNA

Para el procedimiento de extracción de DNA se utilizó el método a base del compuesto químico CTAB (Bromuro de hexadeciltrimetilamonio), que consistió en extraer muestras entre 3 a 100 mg de micelio pulverizado y fueron colocados en nuevos tubos Eppendorf a los que se le agregó un buffer de extracción, mediante procesos de inversión y con la adición de la mezcla Cloroformo/Isopropanol (24:1), por lo tanto de la fase de extracción se pasó a la fase acuosa.

Se utilizaron los tubos para agregar el buffer de precipitación (1000 μ l), se procedió a realizar la inversión y centrifuga de esta mezcla para eliminar el material sobrante en la superficie. Se añadió Cloruro de Sodio (NaCl) y Cloroformo/Isopropanol (24:1), que fueron mezclados con precaución. Se volvió a retirar el material sobrenadante, que fue colocado en un nuevo tubo Eppendorf codificado, al cual se agregó Isopropanol que fue mezclado por inversión y centrifugado para retirar el material suspendido en la superficie.

Finalmente se agregó Etanol 70% frío (-20° C) mezclado por inversión, centrifugado y eliminando nuevamente el líquido sobrenadante, el resto contenido en el tubo Eppendorf (Fig. 3.14) fue secado y suspendido en 50 μ l de H₂O mili-Q.



Figura 3.14 - Material genético en tubo Eppendorf.
Fuente Propia, 2018.

Para finalizar el proceso de extracción, se aplicó gel agarosa al 1% para visualizar segmentos del DNA, para poder realizar el siguiente paso de la amplificación del DNA, se tuvo que observar en cada muestra si la cantidad era suficiente.

3.8. Amplificación DNA

La amplificación del DNA se realizó mediante la reacción en cadena de la polimerasa o PCR. Se utilizó un Primer que contenía un fragmento corto de ADN (mono-hebra) complementario a una secuencia objetivo que se amplificó.

La PCR se realizó en un termociclador y cada reacción constó de una mezcla de 50 µl que contenía: 500 ng de ADN genómico de hongo, 0.5 µl de la enzima polimerasa Paq5000 [0.8 mM], 5 µl de buffer de reacción [10X], 0.4 µl de dNTPs al [0.2 mM], 0.2 µl de primer forward (ITS1F) al [50 mM], 0.2 µl de Primer reverse (ITS4) al [50 mM] y el resto de H₂O MiliQ. La reacción de PCR consistió en una desnaturalización inicial a 95°C durante 2 min, 30 ciclos de amplificación, y una extensión final a 72°C durante 5 min. Cada ciclo de amplificación consistió en 20 s de desnaturalización a 95°C, 20 s de hibridación a 60°C y una extensión a 72°C por 30 s. Para corroborar la presencia de los productos de PCR obtenidos se realizó una electroforesis en gel de agarosa al [2%] en buffer TAE al [0,5X] con Gel Red al [3X] por 1 hora a 90 voltios.

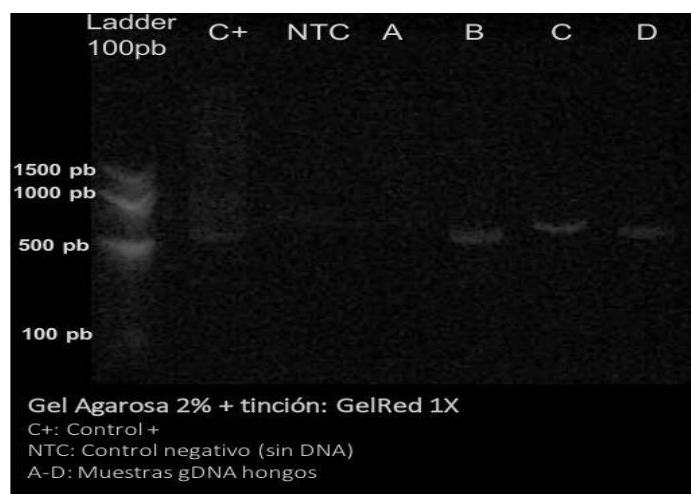


Figura 3.15 - Electroforesis.
Fuente propia, 2018.

b. Purificación y secuenciación.

Los productos de PCR obtenidos fueron purificados con el kit ATP Gel/PCR DNA Fragments Extraction de ATP biotech Inc. siguiendo instrucciones del fabricante y luego fueron secuenciados por la empresa Macrogen Inc, Korea.

c. Identificación de especies.

La identificación de especies se realizó mediante un programa informático de alineación de secuencias de regiones biológicas BLAST.

4. Análisis y resultados

4.1. Análisis de resultados de la(s) especie (s) de madera(s):

El análisis de la identificación de la especie de madera cumplió con el primer objetivo, en donde se ha encontrado como resultado ¿único? la especie conífera presente en los fragmentos o segmentos de madera recolectados. Las características de las muestras presentaron una estructura homogénea, radios bien definidos, además células en forma rectangular con extremos puntiagudos y orificios que permiten el pasaje de los líquidos, que concuerda con la descripción de las especies coníferas.

En la figura 4.1 se aprecia la estructura anatómica de una madera conífera, según el protocolo de Díaz-Vaz, para la identificación de maderas y su descripción por los “engrosamientos espiralados presentes” que corresponden a la clasificación microscópica de la muestra.

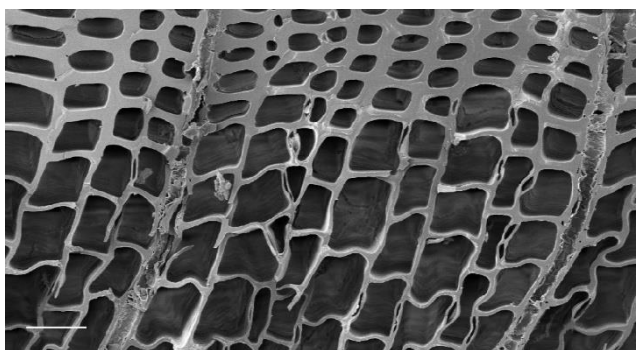


Figura 4.1 - Estructura anatómica de una madera Conífera.
Fuente propia, 2017.

4.2. Análisis y resultados macroscópicos de las muestras de madera:

Se realizó el análisis para 10 muestras, mediante la observación macroscópica el criterio utilizado fue por la apreciación del tipo de deterioro presente en la superficie de la madera y en su interior. La identificación de los agentes de deterioro o Biodeterioro fueron clasificación según el daño evidenciado.

- **Muestra: SM1**

Se observó en la superficie de la madera fibras longitudinales separadas y decoloración en algunos de sus lados apreciados en la Figura 4.2. Según las características que se observan, se trata de un agente de deterioro abiótico, por lo tanto esta muestra al estar a una exposición salina, el clima extremadamente árido, seco y junto a la radiación UV fueron las condiciones óptimas para el proceso de desfibrado de la madera en el tiempo.

Se realizó un análisis microscópico para observar la presencia de hongos y macroscópico en caso de existir la aparición de insectos xilófagos, los cuales fueron descartados.

Tipo de deterioro: Abiótico

Agente de deterioro: Desfibrado



Figura 4.2 - Muestra de madera SM1
Fuente propia.

- **Muestra: SM2**

Se observó la muestra de madera, la que al ser manipulada se captó la fragilidad del estado en que presentó la facilidad de desintegración, como resultado de las pruebas realizadas para dar con exactitud, según los procedimientos realizados en laboratorio dieron negativos, ya que no existe presencia de hongos ni de insectos xilófagos.

Las posibles causas de sus características de inconsistencia o su estado endeble, es por contenido de humedad debido al cambio climático desde una Región a otra (desde la Región de Tarapacá a Valparaíso).

Tipo de deterioro: No fue posible identificar ya que no hay claridad.

Agente de deterioro: No fue posible identificar



Figura 4.3 - Muestra de madera SM2
Fuente propia.

- **Muestra: SM3**

La observación macroscópica realizada, se apreció que las fibras de este elemento de madera no poseía cohesión entre sus fibras, es decir, la ausencia de la laminilla media (al igual que la muestra SM1), lo que indica esta muestra es que la exposición salina y radiación UV fueron los agentes causantes del deterioro del tipo abiótico. Según las características es el desfibrado el que está dañando la madera.

Posteriormente se realizaron procedimientos con segmentos interiores de la madera, el cual presentó un hongo el que se desarrolló en el medio en el medio de cultivo Malta Agar con pH 5,6 y 6,5.

El hongo encontrado permitió realizar procedimientos con biología molecular para la determinación de la especie y características de éste, el cual se pudo identificar la gravedad de este huésped en la madera.

Tipo de deterioro: Abiótico y biótico.

Agente de deterioro: Desfibrado y microorganismo eucariota.



Figura 4.4 - Muestra de madera SM3
Fuente propia.

- **Muestra: SM4**

En la observación macroscópica se presentaron las características de un hongo de pudrición cúbica en la superficie de la madera.

Los análisis realizados a la muestra, no dieron resultados positivos por la presencia de uno o más hongos, por lo que la humedad o cambios de temperatura de este elemento de madera presente en alguna edificación. El posible contacto con material como hormigón pampino, es una causa de que repercutiera en una superficie débil y ser fácilmente desintegrable al ser manipulada.

Al igual que la muestra SM2, no se pudo determinar con los estudios previos, la causa de su estado de deterioro.

Tipo de deterioro: No determinado.



Figura 4.5 - Muestra de madera SM4
Fuente propia.

- **Muestra SM5:**

En la observación macroscópica de esta muestra se aprecia en la superficie la forma cúbica de las fibras de madera, esta identificación a simple vista según el estudio realizado es posible la presencia de un hongo por sus características.

Se realizó el procedimiento para determinar la especie de madera el que mediante biología molecular, se demostró la presencia del hongo del género *Penicillium* de especie *spinulosum*. Por lo tanto la observación macroscópica y microscópica coincidieron en el resultado positivo de la presencia de un hongo de pudrición presentes en las estructuras de las edificaciones en estos climas extremos.

Tipo de deterioro: Biótico.

Agente de deterioro: Hongo de pudrición.



Figura 4.6 - Muestra de madera SM5
Fuente propia.

- **Muestra SM6:**

La observación macroscópica permitió apreciar la presencia de insectos xilófagos, esto es, debido a las características de canales y/o galerías.

Los insectos xilófagos son las termitas o coleópteros para este tipo de clima, según las características de la madera al ser fragmentada, pudieron observarse canales que perforaban desde el interior y que finalizaban al exterior de la muestra.

Al igual que las muestras anteriormente nombradas, se le realizó la investigación microscópica y aplicación de biología molecular para determinar la presencia de un microorganismo, el cual se obtuvo la presencia de hongos *Alternaria cf. Infectoria*, por lo tanto este elemento de madera fue afectado por dos tipos de agentes de Biodeterioro.

Tipo de deterioro: Biótico.

Agente de deterioro: Ataque de un insecto xilófago y microorganismo (hongo).



Figura.4.7 - Muestra de madera SM6
Fuente propia.

- **Muestra SM7:**

Se analizó la muestra mediante la observación macroscópica, presentando la madera la separación de las fibras (desfibrado) debido a la salinidad, condiciones climáticas y el contacto con otros materiales de construcción afectan esta materia prima. Por lo tanto, sólo se considera como causa de su deterioro el desfibrado.

Se le realizó a la muestra de madera procedimientos de laboratorio, en donde no se indicó presencia de hongo ni de insectos xilófagos.

Tipo de deterioro: Abiótico.

Agente de deterioro: Desfibrado.



Figura 4.8 - Muestra de madera SM7
Fuente propia.

- **Muestra: SM8**

Se determinó que la muestra SM8 según las características que se observa en la figura 4.9, es la separación de las fibras en la madera, por lo tanto, el daño causado es por el desfibrado. La muestra de madera fue llevada a la investigación microscópica, la que indicó presencia de hongos en distintos tipos de medios de cultivo sólido, el cual determinó el crecimiento del hongo de especie *Cladosporium cladosporioides*.

Tipo de deterioro: Abiótico y biótico

Agente de deterioro: Desfibrado y microorganismo



Figura 4.9 - Muestra de madera SM8
Fuente propia.

- **Muestra: SM9**

En la figura 4.10, se puede observar el deterioro de la muestra, al manipularse se desintegraba fácilmente, se reitera la situación con los elementos de madera vistos por la falta de la laminilla media, causante de esto es el desfibrado en la madera.

Este elemento de madera ya no está en condiciones de cumplir su función como estructura, dado que la disminución de su masa repercute negativamente en su resistencia o dureza del material y la calidad.

Se analizó la muestra microscópicamente y mediante biología molecular, dio como resultado negativo ante la presencia de hongos, por lo tanto se descarta la existencia de un agente biótico que degrade la madera, al igual que la presencia de un insecto xilófago.

Tipo de deterioro: Abiótico

Agente de deterioro: Desfibrado.



Figura 4.10 - Muestra de madera SM9
Fuente propia.

- **Muestra: SM10**

La observación macroscópica de la muestra, evidencia que la causal del daño en la madera es de un agente de deterioro por desfibrado. Esta situación es reiterada por el motivo nombrado anteriormente, la situación debe ser regulada, ya que todas las muestras puestas en servicio tienen la exposición a la radiación UV y la salinidad.

La separación de las fibras, la fragilidad de este elemento, son completamente las mismas características de las otras muestras manipuladas e igual resultado.

El análisis microscópico de la muestra fue realizado con la extracción de los segmentos interiores, los procedimientos realizados de dejarla en 5 medios de cultivos sólidos diferente para observar el crecimiento de micelio, en el cual no hubo proliferación de hongos.

Tipo de deterioro: Abiótico.

Agente de deterioro: Desfibrado.



Figura 4.11 - Muestra de madera SM10
Fuente propia.

El análisis realizado mediante observación macroscópica es de un 66% con presencia de agentes de deterioro abiótico, los cuales indican que la mayoría de las muestras están deterioradas por el desfibrado, debido a la radiación UV, salinidad y cambios de temperatura extremos,

La muestra SM6, es la única que presenta daño evidente y característico de un insecto xilófago del tipo coleóptero.

El 44% de las muestras de madera estaban en proceso de biodegradación debido a la acción de los hongos sobre éstas.

Los hongos fueron observados en primera instancia por la extracción desde el interior de las muestras de madera, incubando estos fragmentos en 5 tipos de medios de cultivos sólidos, para observar el posible crecimiento de hifas de micelio.

4.3. Resultados y análisis de microorganismos:

Todas las placas Petri con medios de cultivos sólidos malta agar, fueron incubadas durante 7 días a temperatura ambiente con los microorganismos presentes en las superficies de los elementos de madera (muestras en tómulas), siendo 8 las muestras que se observó el medio de crecimiento y ramificación de hifas (micelio).

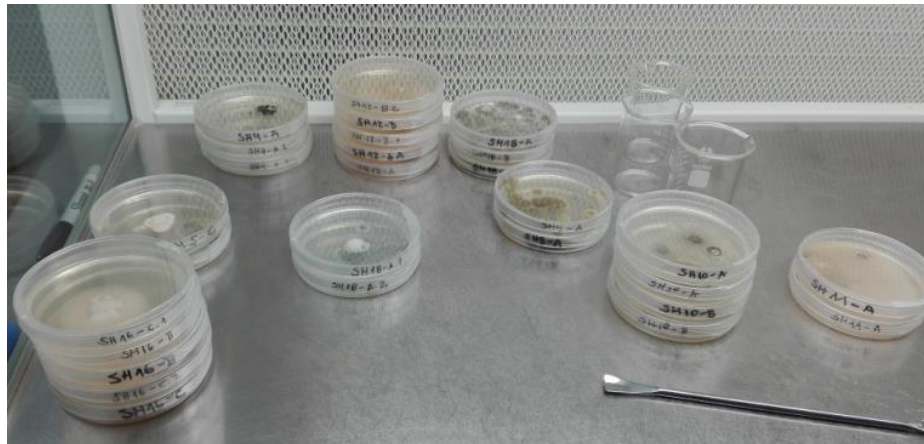


Figura 4.12 - Placas Petri con hongos purificados.
Fuente propia, 2017.

Para las muestras de pequeños fragmentos extraídos desde el interior de cada elemento de madera, proliferaron 7 hongos que aparecieron como se puede apreciar en la figura 4.13, en el que se cultivaron en 5 medios de cultivos diferentes, estos se desarrollaron 3 en un medio de cultivo sólido PDA pH 5,6; un hongo en el medio PDA pH 6,5; un hongo en MEA pH 5,6 y un hongo en MEA pH 6,5.



Figura 4.13 - Placas Petri con dos microorganismos.
Fuente propia, 2017.

Todas las muestras tuvieron que ser purificadas en caso de aparecer más de un tipo de hongo, esto se realizó mediante observación de micelio presente en las muestras. La determinación de este micelio sobre la superficie de los pequeños fragmentos de madera, era posible distinguir colores diferentes como es el caso de la figura 4.14.

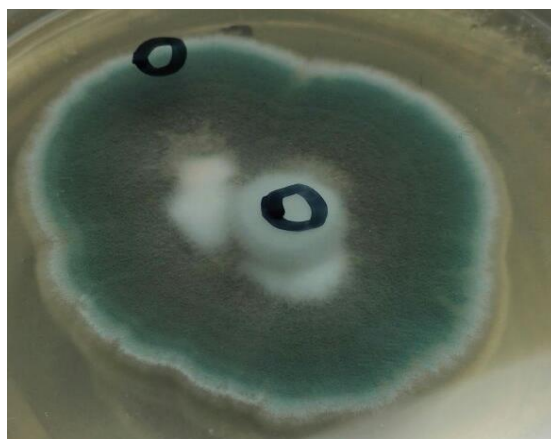


Figura 4.14 - Crecimiento de más de un microorganismo en placa Petri.
Fuente propia, 2017.

Al obtener hongos purificados en las placas Petri, se preparó un medio de cultivo líquido, como se puede observar en la figura 4.15 el cual se utilizó para la aceleración del crecimiento de estos microorganismos mediante un Shaker para la extracción del ADN.



Figura 4.15 - Crecimiento acelerado de hongos en Matracas de Erlenmeyer.
Fuente propia, 2017.

4.4. Observación mediante microscopio óptico:

En la observación mediante el microscopio óptico, se pudieron apreciar de forma detallada los hongos. Se realizó la extracción desde las placas Petri una pequeña porción de cada muestra, las que fueron colocadas en un porta objeto con azul de astra para su visualización.

Se pudo observar la presencia de 14 hongos superiores, debido a las hifas septadas con tabiques como se indica en la figura 4.16, se puede apreciar un hongo superior del tipo ascomicetes.

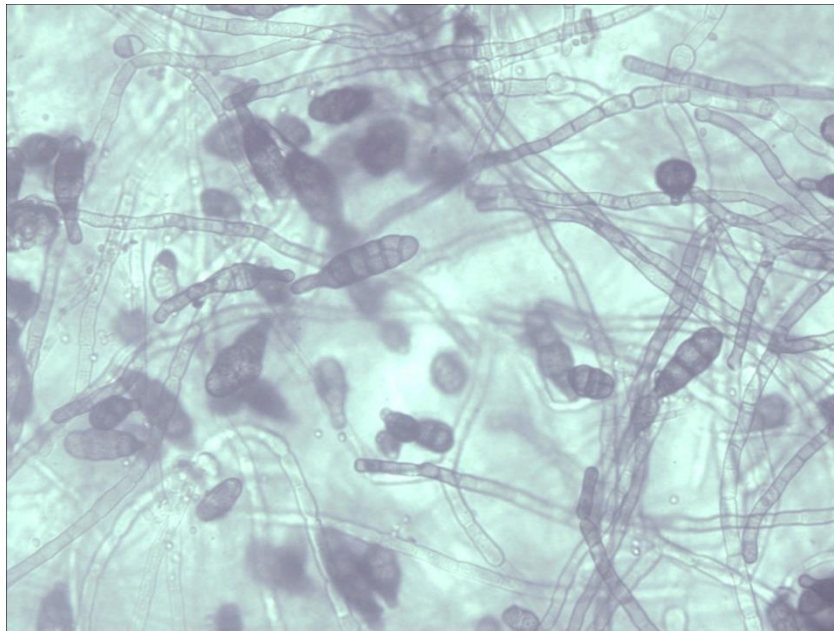


Figura 4.16 - Hongo superior de clasificación Ascomicetes.
Fuente propia, 2017.

Los resultados obtenidos mediante procedimientos de biología molecular, permitió determinar la especie de hongos de pudrición de las muestras enviadas a Corea.

Tabla 4.1. Determinación de la especie de hongos de las muestras.

MUESTRA	MICROORGANISMO
SM3	<i>Penicillium brevicompactum</i>
SH13	<i>Cladosporium cladosporioides</i>
SH14 B	<i>Penicillium glabrum</i>
SM 6	<i>Alternaria cf. Infectoria</i>
SH17	<i>Penicillium brevicompactum</i>
SH16 A	<i>Coprinopsis sp.</i>
SM5	<i>Penicillium spinulosum</i>
SH15	<i>Alternaria dauci</i>
SH10	<i>Ulocladium dauci</i>
SM8	<i>Cladosporium cladosporioides</i>
SM3	<i>Penicillium brevicompactum</i>
SH18 B	<i>Penicillium granulatum</i>
SH 16 C.2	<i>Alternaria infectoria</i>
SM3 (1)	<i>Alternaria cf. Infectoria</i>

La tabla 4.1. se desglosan distintas especies de hongos encontrados en las muestras obtenidas de tómulas y fragmentos de madera. El 43% de las muestras indica la presencia de un hongo perteneciente al género *Penicillium*, 29% género *Alternaria*, 14% género *Cladosporium* y un 14% de otras variedades.

4.5. Descripción de las especies de microorganismos encontrados.

- *Penicillium Brevicompactum*:

La identificación de esta especie de hongo a nivel macroscópico es posible debido a sus características, posee tonalidades verde oliva y forma de algodón que se presenta sobre la superficie de la madera puesta en servicio.

Este hongo es del tipo ascomiceto, es decir, puede estar presente en la madera sin perjudicarla en estado de latencia (pasivo), por lo tanto cuando tenga las condiciones óptimas como humedad y temperatura para desarrollarse y dañar la madera, esto puede ocurrir tanto en el exterior como el interior de ésta.

El hongo de especie *Penicillium Brevicompactum* se puede presentar en humanos cuando se realizan trasplantes de órganos (Rovirosa & Díaz, 2006).

- *Cladosporium Cladosporioides*:

Es un hongo saprófito, es decir, se encuentran en la descomposición de restos orgánicos como por ejemplo en uvas para la preparación de vinos, colonizando plantas o en el suelo (Briceño & Latorre, 2008). Posee coloración oscura y morfológicamente está presente en forma vellosa.

Los hongos *Cladosporium Cladosporioides* pueden crecer en la madera húmeda o paja, estas condiciones no se presentan en madera puesta en servicio, por lo que se encuentran en estado de latencia (no afecta a la madera por su estado inactivo). Es un ascomicetes por lo tanto es uno de los agentes de deterioro más invasivos, puede biodegradar este material debido a las condiciones esenciales para su desarrollo.

- *Penicillium Glabrum:*

Este tipo de hongo habita en todo tipo de suelo, cereal, papel, pintura, al interior de casas y fábricas de corcho. Las características macroscópicas son: coloración verde y vellosa, este hongo del tipo ascomicetes está presente en estructuras de madera las que se pueden desarrollar en condiciones de humedad a través del tiempo, no se tiene registro que afecte la madera hasta dejarla inutilizable.

Las oficinas salitreras estaban construidas con material de madera como estructura de tabiquería, presente en la techumbre y como revestimiento, por lo tanto el material puede estar expuesto a este hongo.

- *Alternaria cf. Infectoria:*

El hongo *Alternaria cf. Infectoria* se encuentra en vegetales, suelos, descomposición orgánica de la madera, frutas, cereales, etc. Se puede observar a simple vista su coloración gris que adquieren tonos negros y olivos, junto con un borde gris claro a su alrededor y un aspecto vellosa.

La madera en estado de pudrición, debido a las condiciones de humedad en la que está o estuvo expuesta en un hábitat óptimo para la proliferación de este tipo de hongo, la capacidad de mantenerse en el tiempo en estado de latencia es propia de los ascomicetes. Un caso de presencia de este hongo existiera en la torre de enfriamiento debido a la humedad contenida en esa estructura.

- *Coprinopsis sp:*

Es un hongo del tipo basidiomicetes, sus células son portadoras de esporas, posee una superficie blanquecina.

Es de ecología saprófita en donde obtienen nutrientes de la descomposición y digestión de la materia orgánica, están presentes en parques, bordes de caminos, movimientos de tierra y escombros.

Este tipo de hongo puede estar presente en construcciones abandonadas como es el caso de esta investigación y la posible existencia debido a su proliferación en condiciones climáticas y desérticas del lugar.

- *Penicillium Spinulosum:*

Este hongo tiene la capacidad de producir inulinasa, enzima que hidroliza la inulina; y que ha demostrado tener aplicaciones potenciales en la preparación de jarabes de fructosa de inulina y de azúcares en la industria alimentaria. Se manifiesta en colonias de expansión con un micelio blanco con tonos verdes opacos.

No hay registros de este hongo en la madera, por lo tanto es posible descubrir la presencia de este microorganismo como un huésped en casas con condiciones climáticas óptimas para su desarrollo y crecimiento. Se encuentra principalmente en el suelo, al tener contacto con los arboles es probable que esté presente en estado de latencia al momento de la tala de árboles.

- *Alternaria Dauci:*

Las características morfológicas de este hongo poseen un aspecto de algodón con tonalidades rojas a marrón, están presentes en ambientes húmedos y de altas temperaturas, afecta directamente las hojas de zanahorias oxidándolas, perejil e hinojo.

Las construcciones con madera situadas en el extremo del desierto tiene una diferencia de temperatura y un contenido de humedad considerable que es óptimo para la proliferación de esta especie de microorganismo como la mayoría de los hongos, son capaces de desarrollarse en un hábitat de alta concentración de humedad. La madera frente al cambio de temperatura genera grietas o fendas por las que ingresan pequeñas partículas de agua en el ambiente.

- *Ulocladium Dauci:*

Están presentes en climas salinos, plantas, suelos, descomposición de alimentos. Posee la capacidad de adaptación para resistir alta radiación UV, soportar amplitudes térmicas y muy baja humedad en un hábitat principalmente desértico (Vásquez & Piontelli, 2003).

Se observa con un color marrón claro a oscuro, ya que está presente en un hábitat óptimo para su desarrollo, las construcciones con elementos de madera en estos sitios están expuestos 100% a la aparición de un hongo de género *Ulocladium* y especie *Dauci*.

- *Penicillium Granulatum*:

Este hongo posee un color verde opaco con tonalidades amarillas y marrón oscuro.

Está presente en bellotas y robles, suelos de bosques y suelos de pH bajo, también se encuentra en corchos de vino con mal sabor.

En las construcciones en maderas coníferas también como es el caso, probablemente se encuentre en estado activo ya que es uno de los hongos de biodegradación de la madera puesta en servicio más avanzada, debido a las condiciones óptimas para alcanzar daños masivos (Zyani, et-al 2009).

Este resultado da a conocer que los microorganismos pueden biodegradar la madera puesta en servicio hasta el punto de dejarla sin capacidad de cumplir su función.

5. Conclusiones

5.1 Conclusiones

Todo el estudio realizado a las muestras obtenidas desde las Oficinas Salitreras Peña Chica, Keryma y Ramírez, se pudo lograr identificar la especie y la presencia de agentes de deterioro presentes en las muestras de madera.

Mediante el método Díaz-Vaz, se pudo identificar el tipo de madera en estudio siendo Pino Oregón o llamado por su nombre científico *Pseudotsuga Menziesii* que pertenece a la clasificación de maderas coníferas, por lo tanto permitió tener un registro de los posibles agentes causales de deterioro en la madera.

Los agentes de deterioro biótico fueron determinados mediante observación macroscópica, microscópica y la utilización de biología molecular.

En la determinación macroscópica se identificó el insecto xilófago, el cual según características estudiadas se observaron canales y galerías evidenciadas en la muestra de madera SM6 lo que resultó ser un coleóptero.

La visualización microscópica permitió hacer una previa descripción de las muestras dando a conocer que la mayoría de los hongos son del tipo superior *Ascomycetes*. La identificación mediante la aplicación de biología molecular fueron determinadas el 88,8% de este tipo de familia, tomando en cuenta esta precisión más la determinación del género y especie al cual pertenecen las muestras, presentes en el exterior (superficie) e interior de la madera.

Los resultados obtenidos en la identificación de la especie de hongos, indicaron que dos atacan gravemente la madera biodegradándola, la capacidad de adaptarse a los factores climáticos, estos huéspedes se alimentan de la celulosa de las maderas coníferas, lo que indica la presencia de un hongo de pudrición café.

La identificación de los agentes abióticos presentes, el daño en la madera determinado es el deterioro por desfibrado, el clima desértico extremo salino concentrado en las muestras y las altas temperaturas acelera el deterioro de la madera como también los cambios de temperatura y humedad existente en la Región de Tarapacá, específicamente en los lugares estudiados.

Por lo tanto los agentes de deterioro abiótico como temperatura, exposición UV, salinidad, viento, entre otros, afecta a la madera evidenciando lo expuesta que queda a estos factores, que permiten entregar las óptimas condiciones de crecer a agentes de deterioro biótico. Un ejemplo es el traslado de las esporas de hongos los que se transportan a través del viento, el contenido de humedad presente en la madera, las grietas en la madera por el desfibrado. Siendo posible encontrar hongos tanto en el interior de la madera como también en el exterior de éstas.

Bibliografía

- Aira, & Piontelli. (2003). Concentración atmosférica invernal de propangulos fungicos en un mercado interior de abastos en Valparaíso (Chile). In (Vol. 18, pp. 29-37).
- Alcibar, E. (2014). *Introducción al conocimiento de la madera*.
- Alfaro, S., & Fleming, W. (2013). Suelo calichal como recurso para la habitabilidad, el caso de pampa unión cantón central, Región de Antofagasta, Chile. In. Escuela de Arquitectura, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica del Norte.
- Angel, J. (2017). Factores climáticos que deterioran la madera. In.
- Briceño, E., & Latorre, B. (2008). Caracterización de la pobredumbre de Cladosporium en vides, un problema creciente importancia en Chile. In (Vol. 92, pp. 1635-1642). Santiago, Chile.
- Cabellero, J., & Barriola, M. (2014). Manual técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural. In.
- Castiglia, V., & Kuhar, F. (2013). Reino fungi: Morfologías y estructura de los hongos, 28.
- Castro, L., & Flores, A. (2011). Aislamiento y caracterización de microorganismos halófilos de suelos salinos de cuatro ciénegas Coahuila, México. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 3.
- Chávez Valencia, L. E., Hernández Barriga, C., & Ruiz Jaime, C. L. (2010). Determinación de la calidad de la madera de construcción. *Acta Universitaria*, 20(2), 5-13.
- Cubero, O., & al, e. (1999). DNA extraction and PCR amplification method suitable for fresh, herbarium-stored, lichenized, and other fungi. 216, 243-249.
- Domínguez-Calleros, P. A., Chávez-Flores, G. A., Rodríguez-Téllez, E., Corral-Rivas, J. J., Goche-Telles, J. R., & Díaz-Vásquez, M. A. (2014). Caracterización silvícola de *Pseudotsuga menziesii* en la reserva de la biosfera "La Michilía". *Silvicultural characterization of Pseudotsuga menziesii in the "La Michilía" biosphere reserve.*, 20(2), 23-31.
- Díaz, & Cuevas. (1988). Características tecnológicas de *Pseudotsuga menziesii* creciendo en Valdivia.
- Edbeib, M. F. e. a. (2016). Halophiles: biology, adaptation, and their role in decontamination of hypersaline environments. *World Journal Of Microbiology & Biotechnology*, 32(8), 135-135. doi:10.1007/s11274-016-2081-9
- Elche, U. M. H. D. (2005). Los microorganismos halófilos y su potencial aplicado a la biotecnología. 7.

- Esquivel, P., & Mangiaterra, M. (2003). Microhongos anemofilos en entes abiertos de dos ciudades del Nor-deste Argentino. In (Vol. 18, pp. 21-28).
- Fernández, C. (2001). Madera: Composición, alteraciones y restauración. In. Boletín del Museo de las Villas Pasiegas.
- Frank, D., & Finckh, M. (1997). Impacto de las plantaciones de Pino Oregón sobre la vegetación y el suelo en la zona centro-sur de Chile. *Revista Chile de Historia Natural*, 70, 191-211.
- Garay, R., & Henriquez, M. (2010). Comportamiento frente al fuego de tableros y madera de pino con o sin pintura retardante de llama. In (pp. 11 - 24). Concepción: Maderas, ciencia y tecnología.
- García. (2013). Tipos de madera para la construcción, en función a su procedencia. *Vilssa*.
- Garrido, M. (2015). Agentes de degradación de la madera y tratamientos de prevención. In: Publicaciones didácticas.
- González, & et-al. (2016). EL NORTE GRANDE DURANTE EL CICLO DEL SALITRE: LA POLÍTICA SALITRERA Y LA POLÍTICA EXTERIOR EN LA FORMACIÓN DE UN ESPACIO TRANSFRONTERIZO (BOLIVIA Y CHILE, 1880-1929). *Estudios Atacameños*(52), 11-29.
- González, G. (2012). *Patologías Bióticas de la Madera*. (Magister en Construcciones en Madera), Universidad del Bio Bio, Retrieved from <https://arquitectnologicofau.files.wordpress.com/2011/12/patologc3ada-biotica-madera-capitulo-6-2012.pdf>
- González, S. (2008). La sociedad del salitre. In F. Vilchez & C. Rees (Eds.), *La arqueología del salitre: re3exiones desde la materialidad en el cantón central, Región de Antofagasta* (pp. 527-547).
- Ibañez, C., & Montero, C. (2012). Deterioro y preservación de madera. *Revista Digital Universitaria*, 13.
- Liotta, G. (2000). *Los insectos y sus daños en la madera: problemas de restauración* (Nerea ed.).
- López, M., & Pérez, L. (2013). Investigación e iniciativas de revalorización del patrimonio minero en Chile In (Simposio Red REUSE y Seminario Internacional de Reconversión de Territorios BeloHorizonte ed., pp. 58-77).

- Mansour, M. M. A., & Salem, M. Z. M. (2015). Evaluation of wood treated with some natural extracts and Paraloid B-72 against the fungus *Trichoderma harzianum*: Wood elemental composition, in-vitro and application evidence. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 100, 62-69. doi:10.1016/j.ibiod.2015.02.009
- Martinez, V. (2011). Influencia de los errores de diseño en la durabilidad de la construcción del Hotel Blau Colonial Cayo Coco. In. México.
- Marín, R. (2006). Características físicas, químicas y biológicas de las agua. In. Córdoba.
- Memoria Chilena, B. N. d. C. D. (2016). La industria salitre (1880-1930). Retrieved from <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-3309.html#presentacion>
- Meseguer. (2004). Microorganismos halófilos y su potencial aplicado en biotecnología. In (Vol. 7). España.
- Mühlhauser, M. (2014). *Alternaria Spp.* In (Revista Chilena de infectologia ed., Vol. 31). Santiago.
- Navarrete, A. (1991). LA calidad en la rehabilitación de edificios desde la perspectiva de la conservación de las maderas estructurales y decorativas. In.
- Ortiz, R., & Blanchette, R. (2014). Desfibrado de maderas obtenidas desde las oficinas salitreras de Humberstone y Santa Laura en Chile. Un sitio del patrimonio mundial. *Defibration wood obtained from the Saltpeter Works Humberstone and Santa Laura in Chile. World Heritage Sites.*, 20(3), 59-68.
- Ortiz, R., Párraga, M., Navarrete, J., Carrasco, I., Vega, E., Ortiz, M., . . . Blanchette, R. (2014). Investigations of Biodeterioration by Fungi in Historic Wooden Churches of Chiloé, Chile. *Microbial Ecology*, 67(3), 568-575. doi:10.1007/s00248-013-0358-1
- Peraza, F. (2002). *Protección preventiva de la madera*. Madrid: AITIM.
- Pinzón, O. P. e. a. (2012). Diversidad de termitas (Isoptera: Termitidae, Rhinotermitidae) en plantaciones de caucho en Puerto López (Meta, Colombia). *Diversity of termites (Isoptera: Termitidae, Rhinotermitidae) in rubber-tree plantations in Puerto López (Meta, Colombia)*. 38(2), 291-298.
- Piontelli, E., & Cruz, R. (2008). Microhongos oportunistas asociados al musgo pompon desecado In (Vol. 23, pp. 25-35). Valparaíso, Chile.
- Quintero, J. C. (2011). Degradación de Plaguicidas mediante hongos de pudrición blanca de la madera. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.

- Rodríguez, & Fuentes. (2003). Factores que intervienen en el proceso de envejecimiento de la madera. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*.
- Rovirosa, J., & Díaz, A. (2006). Secondary metabolites from marine *Penicillium brevicompactum*. In (Vol. 51). Santiago, Chile. .
- Salitre, C. M. d. (2012). *Diagnóstico del Patrimonio Salitrero de la Provincia del Tamarugal* (Corporación Museo del Salitre ed.).
- Sepúlveda, S., Rebolledo, S., McPhee, J., Lara, M., Cartes, M., Rubio, E., . . . Vásquez, J. (2014). Catastrophic, rainfall-induced debris flows in Andean villages of Tarapacá, Atacama Desert, northern Chile. *Landslides*, 11(3), 481-491. doi:10.1007/s10346-014-0480-2
- Silva, & Prados. (2014). Caracterización de las vesículas extracelulares de *alternaria* infectoria. In (Vol. 52, pp. 202-210).
- Sterflinger, K. (2010). Fungi: Their role in deterioration of cultural heritage. *Fungal Biology Reviews*, 24(1–2), 47-55. doi:<http://doi.org/10.1016/j.fbr.2010.03.003>
- Vega, L., & Llinares, M. (2010). Guía de construir con madera. In *Comportamiento al fuego* (Construir con madera ed.). España.
- Vásquez, & Piontelli. (2003). Aspectos morfológicos y moleculares en especies del género *Ulocladium* de suelos desérticos. In (Vol. 18, pp. 75-88). Valparaíso, Chile.
- Zúñiga, A. P. (2010). LA CONSTRUCCIÓN COMPUESTA, UNA SOLUCIÓN VIABLE PARA LA REHABILITACIÓN DE EDIFICACIONES EN LOS CENTROS HISTÓRICOS. *Arquitectura y Urbanismo*, 31(1), 52-55.