



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE
LA MADERA

PRESERVACIÓN DE LA MADERA A
TRAVÉS DE LA HISTORIA.

D O C U M E N T O R E C E P C I O N A L
T É C N I C O

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

PRESENTA:

UBALDO MARTÍNEZ MARTELL

ASESOR:

M.C. MARCO ANTONIO HERRERA FERREYRA.



MORELIA, MICHOACÁN, FEBRERO DE 2017.

Agradecimientos

Agradezco primero a Dios por seguirme regalando un día mas de vida, salud, sabiduría y una familia hermosa.

A mis padres que toda la vida les viviré muy agradecido ya que me han dado la mejor herencia "una profesión", una herramienta fundamental en la vida del ser humano ya que la educación es una de las llaves que abre la puerta del éxito.

A mis hijos Aldo y Sara María que me han dado la motivación necesaria para poder seguir con mis estudios y a creer que puedo llegar a ser un profesionista exitoso.

A mi esposa la Médico Cirujano y Partero Alicia Cruz Manzo quien me estuvo apoyando desde el inicio de nuestra historia juntos hasta el presente, con amor incondicional e infinita paciencia, para poder hacer este sueño realidad.

A todos los profesores de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, perteneciente a la heroica Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, quienes han hecho posible que me forme como Ingeniero en Tecnología de la Madera enseñándome como mejorar cada día, gracias a sus sabios conocimientos y valores. En especial a los catedráticos Dr. David Raya González, Dr. José Cruz de León, Dr. Jorge Enrique Ambríz Parra, M.C. Luz Elena Alfonsina Ávila Calderón y a mi director del presente documento M.C. Marco Antonio Herrera Ferreyra por prestarme su valioso tiempo y consejos.

Así mismo le agradezco al Dr. Pablo López Albarrán quien fuese mi tutor durante mi formación académica en la Facultad, cuyos consejos y orientación coadyuvaron a mi crecimiento personal e intelectual.

A la Procuraduría General de Justicia del Estado (hoy día denominada Fiscalía General del Estado de Michoacán) por la formación que me dió como Agente de la Policía Ministerial Investigadora, la cual permitió desarrollar en mi las capacidades de liderazgo necesarias para conquistar cualquier meta y desempeñarme de la mejor manera posible para con la sociedad.

A mis comandantes los C. Lic. Félix Hernández Hernández y C. Lic. José Elías Moreno Oviedo director y subdirector respectivamente de Investigación y Análisis de la Fiscalía Regional de Zitácuaro, Mich., por su apoyo y comprensión al permitirme concluir satisfactoriamente esta meta.

Al Lic. David Torres Villareal quien anteriormente fungía como Segundo Comandante de la Policía Ministerial Investigadora en la ciudad de Morelia, Mich., el cual fue mi instructor en la Academia Policial de Agentes Investigadores, quien en todo momento me orientó y aconsejó a cada paso de mi formación, motivándome hasta la fecha para cerrar un ciclo mas en mi vida que es mi titulación.

Al Lic. José Luis Villicaña Hernández quien durante mi adiestramiento policial me transmitió su conocimiento y experiencia en el ámbito operativo, mediante un curso especializado en el manejo y desmantelamiento de armamento.

Fuego eres amigo y verdugo, eres tea y flagelo, eres sol y muerte, eres estrella y cráter. Fuego por ser hermano mayor del hombre hazle compañía en la senda hacia su felicidad y progresar eterno.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Objetivo general	4
Objetivo específico.....	4
Justificación	4
Metodología.....	6
Capítulo I. Antecedentes y generalidades sobre la preservación de la madera	7
1.1 El concepto de preservación de la madera.....	8
1.2 ¿Por qué preservar la Madera?.....	9
1.3 ¿Que es un preservante para Madera?.....	10
1.4 La importancia económica de la preservación de la madera	11
Capítulo II: La Madera y el Hombre.	13
2.1 El Hombre Primitivo.....	13
Capítulo III: La Era Antigua. Los primeros preservantes.	14
3.1 Civilización Egipcia	14
3.1.1 El Natrón	16
3.2 Civilización Griega	16
3.2.1 Uso de bitúmenes y breas.....	17
3.3 India.....	18
3.4 Civilización China.....	18
3.5 Australia.....	18
3.6Japón.....	18
3.7Civilización Romana.	19
3.7.1 Uso de Aceites.	19
3.7.2 Preservación con cobre y carbonización superficial	20
3.7.3 Uso de ignífugos (potasio de aluminio).....	21
3.7.4 Preservar en primavera.....	21
3.7.5 De la caída del Imperio Romano a la Edad Media	21
Capítulo IV: La Preservación en La Edad Media.....	22

4.1	Uso de alquitrán, asfalto y derivados del Petróleo.	22
4.2	La carbonización superficial.	22
4.3	El Renacimiento	22
4.3.1	El cloruro De mercurio.	22
4.3.2	El ácido bórico.	23
Capítulo V. La Revolución Industrial		24
5.1	El <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i> .	24
5.1.1	Piretrinas	24
5.2	Cloruro de mercurio.	24
5.3	Hexaclorociclohexano.	25
5.4	Cianuro de hidrógeno	26
5.5	Uso de dióxido de carbono, nitrógeno y argón.	27
Capítulo VI. La Preservación en la Era Moderna		28
6.1	Compuestos de fluor.	28
6.1.1	El fluoruro de sodio	28
6.1.2	El fluoruro de potasio	29
6.1.3	El compuesto Basilit.	29
6.2	Uso del DDT.	29
6.3	La creosota	30
6.4	Preservantes destilados del petróleo	30
6.5	El pentaclorofenol.	31
6.6	Sales CCA.	31
Capítulo VII. Los Nuevos Preservantes para Madera		33
7.1	Derivados del Triazol.	33
7.1.1	El Propiconazol	33
7.1.2	El Triadimefon.	33
7.2	Preservantes para madera de uso residencial.	33
7.2.1	El ACQ.	34
7.2.2	Boratos	34
7.2.3	Azol de cobre	34

7.2.4 Naftenato de cobre	35
7.2.5 Cobre HDO (bis- (Ncyclohexyldiazeniumdioxy- cobre)).....	35
7.2.6 Polímero Betaina	35
8. Conclusiones.	36
9. Recomendaciones.	38
Referencias	40

Resumen

Desde que el hombre le dio un uso a la madera, éste comenzó a comprender las cualidades y desventajas de este material fibroso y leñoso; al paso del tiempo el hombre comprendió cómo las condiciones de humedad, los agentes biológicos y otros de naturaleza no biológica contribuían al deterioro de dicho material, lo que motivó su interés en la utilización de sustancias que le brindaran a la madera una mayor durabilidad. El aceite de cedro, aceite de oliva, alquitrán, brea, entre otras, fueron sustancias que algunas civilizaciones de la antigüedad utilizaron para brindarle mayor durabilidad a la madera. Al paso de los siglos el ser humano descubrió y desarrolló sustancias que cumplían de mejor manera ese propósito, hasta la obtención de los preservantes actuales. Este trabajo tiene como finalidad el recabar información concerniente a las sustancias que el hombre utilizó a través de la historia para preservar la madera, cuyo propósito es que sirva como una fuente de consulta para los investigadores y estudiantes que estén interesados en el desarrollo de nuevas sustancias preservantes.

Palabras clave: madera, preservación, conservación, medio ambiente, tecnología

Abstract

Since man learn to use wood, this began to understand the qualities and disadvantages of this fibrous and woody material; over time humans understood how the moisture conditions, biological agents and other of non-biological origin contributed to the deterioration of wood, which cause their interest in the use of substances that will provide durability to the wood; cedar oil , olive oil , tar, pitch, among others were more substances that some ancient civilizations used to provide greater durability to the wood; the passage of Centuries humans discovered and development substances that met that purpose, until obtain the current wood preservatives. This project is aimed at gathering information concerning substances that men has used through its history to preserve wood, achieving to create a database for researchers and students who are interested in the development of new preservative substances.

Introducción

La madera está indisolublemente ligada a la historia de la humanidad ya que fue uno de los primeros materiales que, de acuerdo con algunos historiadores, fue utilizado en la fabricación de armas de caza y de diferentes utensilios que potenciaron las posibilidades de sobrevivencia, tales como la lanza y el cuenco de madera. Además, el *homo erectus* dejó vestigios de viviendas construidas con madera tallada (Cruz de León, 2010).

Esta invaluable aportación de la madera en la historia de la humanidad trajo consigo la necesidad de buscar aumentar el tiempo de su vida útil, ya que desde que el ser humano comenzó a utilizarla se percató de que algunos factores, tales como la humedad y contacto con el suelo coadyuvaban para la aparición de agentes biológicos que la degradaban, como lo son: bacterias, hongos e insectos.

Derivado de la necesidad de preservar las cualidades de la madera, el hombre comenzó a preguntarse cómo podía evitar o reducir su deterioro, ya que no resultaba ser muy práctico el estar reconstruyendo su vivienda; por lo que comenzó a separarla del suelo y colocarla sobre piedras para mantenerla alejada de la humedad, pero aun así no la protegía del todo contra la degradación ni el ataque de insectos.

Al paso del tiempo el hombre fue descubriendo sustancias que contaban con propiedades ya sea de toxicidad y repulsión a insectos o refractarias a la humedad, lo que lo hizo preguntarse ¿Cómo poder transferir las cualidades de dichas sustancias a la madera?, motivándolo a experimentar directamente sobre el material y descubrió que dichas sustancias protegían a la madera contra el ataque de los agentes biológicos, proporcionándole a la misma una mayor vida útil, acciones que dieron origen a la preservación de la madera. Gracias a dichas sustancias es que en la actualidad aún se pueden apreciar muebles, obras de arte, edificaciones y puentes, que fueron elaborados hace cientos o miles de años

en algunos casos, muchos de ellos son considerados hoy en día patrimonio cultural de la humanidad¹.

La expansión poblacional y de la vida urbana en las ciudades derivó en un incentivo para el desarrollo tecnológico ya que era imprescindible para mejorar la calidad de vida en donde la madera fue uno de los materiales que sirvieron de soporte a la llamada Revolución Industrial, que sirvió de base para el despegue del sistema capitalista de producción que tendría como finalidad la satisfacción de las necesidades de un cada vez más grande conglomerado de consumidores en las nuevas economías de mercado (Hobsbawm, 2005).

El ferrocarril fue una de las múltiples innovaciones que trajo consigo la revolución industrial y en la que la madera tuvo una participación sobresaliente en lo que se refiere a la construcción de vías para el tránsito del que en ese momento era el medio de transporte que permitió la conexión de los mercados en el menor tiempo posible, lo que permitió el abastecimiento de mercancías en los grandes conglomerados de poblaciones urbanas (Vargas, 2011).

La preservación de la madera tuvo como propósito el que fuese utilizada en diversas ramas de la economía que, con el correr de los años, fueron incrementándose de manera exponencial. En la actualidad más de 5,000 productos entre los que se encuentra la celulosa, barnices, alcoholes, fibras sintéticas, azúcares, plásticos, adhesivos, aceites, colorantes, tintas, forraje, medicinas, desinfectantes, explosivos, tableros, entre otros, son conocidos desde hace Siglos, mismos que son obtenidos de la madera. Especialmente hoy día en el campo de los tableros y materiales compuestos existen nuevos productos obtenidos a partir de la madera, mismos que cuentan con mejores propiedades y cualidades. La demanda de la madera y su precio se ha incrementado al paso del tiempo, con los respectivos vaivenes de acuerdo con las condiciones del mercado y de los bienes que pueden ser sus sustitutos.

¹ Una buena recopilación de edificaciones construidas con madera y que son consideradas patrimonio cultural de la humanidad se puede consultar en: <http://www.gb-legname.com/noticias/construcciones-en-madera-que-perduran/>

Es necesario apuntar que, en el caso de México, la participación de la madera en la economía se encuentra por debajo del potencial en comparación de otros países de América Latina, además de que en varios puntos de la geografía mexicana existe una tala inmoderada que la torna en no sustentable. De igual manera, la balanza comercial de los productos madereros es deficitaria, esto es, se importa o se compra más a otros países de lo que se exporta (Comisión Nacional Forestal, 2015).

En los últimos cinco años el promedio del Producto Interno Bruto forestal fue de 35,564 millones de pesos. En el año de 2013 ascendió a 37,820 millones de pesos. Sin embargo, se tuvo un déficit comercial de 1,050,589 miles de millones de dólares, lo que nos habla de la importación de una amplia franja de los productos madereros que se consumen en nuestro país, lo cual no deja de ser paradójico dado el potencial que se tiene en ese sector de la economía (Comisión Nacional Forestal, 2015).

Cabe señalar que México es el segundo país en América Latina con mayor extensión forestal. Los cinco países con las mayores extensiones de plantaciones forestales son Brasil, 7 418 000 Ha; México 3 203 000 Ha; Chile 2 384 000 Ha, Perú 993 000 Ha, y Uruguay 978 000 Ha. No obstante, en lo que se refiere a la participación forestal de sus respectivos países, México se encuentra muy a la zaga de sus pares latinoamericanos.

“En la Región, las exportaciones forestales durante el año 2009, alcanzaron aproximadamente los 12 000 millones de USD, equivalente al 7 por ciento del total de las exportaciones en el mundo. Los principales países exportadores de productos forestales son: Brasil 47 %, Chile 30 %, Uruguay 7 %, Argentina 4 %, México 3 % y Colombia 2 % (Comisión Forestal para América Latina, 2012).

En este trabajo se expondrá la evolución de la preservación de la madera a partir de las sustancias utilizadas por el hombre a lo largo de su historia.

Objetivo general

Realizar un recuento de las sustancias que se han utilizado para la preservación de la madera en la historia de la humanidad.

Objetivo específico.

Elaborar un documento que sirva como fuente de consulta para aquellas personas que se inicien en el estudio de la preservación y conservación de la madera.

Justificación

Dado el deterioro ecológico que se ha producido en nuestro planeta, no puede escapar en ningún ámbito de la formación profesional el incorporar la preocupación medioambiental como una parte fundamental en la sustentabilidad de cualquier actividad económica. De igual manera, la competencia en los mercados requiere que los productos garanticen niveles de calidad que los hagan atractivos a los ojos de los consumidores en donde el factor de la durabilidad y la certificación de los procesos productivos limpios que cuiden el medio ambiente son elementos cada vez más importantes (IMCO, 2016).

En este orden de ideas, realizar un trabajo de investigación que se concrete en una monografía que sirva como fuente de consulta sobre los diferentes tipos de sustancia que se han utilizado a lo largo de la historia para preservar y conservar la madera resulta por demás justificable, principalmente porque, en nuestro país, existen relativamente pocos trabajos sobre este tema.

El estudio sobre las bondades y las limitaciones de la madera nos permitirá realizar un balance crítico de las ventajas y desventajas en su uso, en donde las sustancias que se utilizan para su preservación están encaminadas a superar las

segundas, principalmente en lo que se refiere a su durabilidad por las razones que enseguida se apuntan:

- I. La madera puede ser degradada por escarabajos barrenadores, termitas, hongos destructores de la madera y barrenadores marinos, debido a su estructura química-orgánica.
- II. La madera puede absorber moléculas de agua en sus grupos hidroxilos libres y su contenido de humedad depende de la humedad relativa en el aire. En consecuencia, las tres dimensiones de la madera varían dependiendo de la humedad del ambiente.
- III. La madera es un material inflamable.

Por los argumentos anteriormente planteados, la madera debe de ser protegida de ser destruida por los agentes degradantes de origen biótico anteriormente mencionados y abióticos como el fuego, aportándole una mayor estabilidad dimensional al tratarla con sustancias hidrofóbicas, reticulación química y mejorándola con varios procesos químicos.

Además de lo anterior, la preservación de la madera se está convirtiendo en una actividad cada vez más importante por los siguientes motivos (Calderón, 2016):

- a) Para ayudar con la conservación de nuestros bosques y selvas;
- b) Para hacer viable el uso de especies con baja durabilidad natural;
- c) Para influenciar el uso de materiales alternativos;
- d) Para disminuir la sobre demanda de madera;
- e) Para proveer beneficios económicos y sociales a las comunidades productoras de bajos recursos a través de la mejora en la competitividad en los mercados.
- f) Permite el aprovechamiento de maderas de menor valor por su baja durabilidad natural y ahorra maderas más valiosas.
- g) Al utilizarse especies de bosques cultivados de rápido crecimiento, se disminuye la presión sobre los bosques nativos.
- h) Aumenta la vida de maderas importadas y permite el ahorro de divisas.

Metodología.

En este trabajo se realiza un estudio que se encuadra en lo que en la metodología de la investigación se conoce como estudio descriptivo.

En tanto que se pretende tener como resultado de esta investigación una monografía sobre la preservación de la madera a lo largo de la historia, se utilizará primordialmente la técnica de investigación de tipo documental, por lo que realizaremos una revisión sobre los textos que hablan sobre dicho tema.

En lo que ve a la dimensión temporal, ésta investigación abarca desde los primeros antecedentes sobre el uso de algún tipo de preservante por parte del hombre primitivo, hasta el uso de agentes químicos en la era contemporánea.

Finalmente, es necesario apuntar que, debido a las características de éste trabajo, no se plantea pregunta de investigación ni hipótesis alguna.

Capítulo I. Antecedentes y generalidades sobre la preservación de la madera

La madera, desde tiempos inmemoriales, ha sido una de las primeras materias primas que el ser humano aprendió a utilizar, ya sea como combustible o para la elaboración de armas y construcción de refugios. Bien podría considerarse que la madera es un regalo de la naturaleza y que sin ella sería imposible que el hombre pudiese haber logrado desarrollarse hasta la actualidad: comodidad, calor, herramientas, armas, tecnología, arte, entre muchos otros. Todo ello lo proporciona esta sustancia leñosa compleja nacida de los organismos biológicos denominados árboles, mismos que se pueden clasificar en dos grandes vertientes coníferas y latifoliadas (Arias, 2006).

La madera cuenta con muchas cualidades que varían dependiendo de la especie arbórea de la cual se obtenga, de la región geográfica y de las condiciones tanto de suelo como climáticas donde se desarrolle ya que, al existir una gran biodiversidad de especies de árboles, es de esperarse que cada especie cuente con cualidades distintas, tanto físico mecánicas como en su durabilidad y resistencia al deterioro producto del ataque de organismos biológicos; resistencia que se encuentra ligada al hecho de que cada especie de árbol cuenta también con sustancias ajenas a su composición química en general, denominadas "extraíbles", entre las cuales se encuentran algunas que son producidas por él conocidas como "*taninos*", dichas sustancias y sus propiedades también son variables dependiendo de la especie, estas contribuyen considerablemente a su durabilidad y resistencia al ataque de agentes biológicos que la degradan, entre los cuales se encuentran hongos e insectos, permitiéndole a la madera tener una vida útil más prolongada (Tabaré, 2012).

Lamentablemente, no todas las especies arbóreas cuentan con *taninos* que les brinden esa resistencia natural, lo que las hace más susceptibles al deterioro en un lapso de tiempo más corto, reduciéndose así su vida útil, por lo que es de vital importancia que a la madera proveniente de especies que no cuenten con esa durabilidad natural se le proporcione un tratamiento con agentes químicos

preservantes ya sea de origen sintético o natural que les brinde una protección efectiva contra la acción de dichos agentes biológicos degradantes y les permita extender su durabilidad por mucho más tiempo.

Como se mencionó anteriormente, la madera es una materia prima orgánica, la cual por sus propiedades se utiliza para la manufactura de muebles, construcciones, puentes, pisos, barcos, obras de arte, entre muchos otros, ya que es un material muy noble, no contamina, es biodegradable y sobre todo un recurso renovable. La madera ha acompañado al ser humano desde el inicio de los tiempos, y sería absurdo suponer que esta dejará de serle útil.

1.1 El concepto de preservación de la madera

En la literatura especializada, la conservación y la preservación de la madera son dos conceptos que guardan una gran similitud ya que tienen como objetivo lograr una mayor durabilidad de dicha sustancia. Sin embargo, se refieren a procesos diferentes por lo que es necesario realizar sucintamente su delimitación conceptual.

Se ha definido a la conservación de la manera siguiente:

La conservación de la madera debe entenderse como la aplicación a bienes muebles o a la madera instalada de sustancias químicas por diversos métodos, con el fin de disminuir el efecto de los agentes de deterioro. En la conservación de la madera no se puede garantizar una penetración total de la sustancia ni el porcentaje de protección de la misma, tampoco un tiempo de duración de la sustancia en la madera. Normalmente la permanencia de la sustancia en la madera es de uno a tres años, por lo que deben repetirse las aplicaciones (Cruz de León, 2010).

Este mismo autor sostiene que la preservación debe entenderse de la manera siguiente:

La preservación de la madera consiste en aplicar mediante ciertos métodos sustancias a la madera antes de instalarse. Si se hace correctamente, se puede alargar el tiempo de vida útil de la madera (Cruz de León, 2010).

Como se podrá apreciar, ambos conceptos aluden a procesos encaminados a lograr una mayor durabilidad de la madera tal y como se había apuntado, pero en tanto que la conservación de la madera ya instalada, a fin de disminuir los agentes que provocan su deterioro, la preservación busca lograr una mayor durabilidad a partir de la aplicación de ciertas sustancias antes de que la madera sea instalada.

1.2 ¿Por qué preservar la madera?

El objetivo principal de la protección de la madera es mejorar sus prestaciones y durabilidad, para así incrementar su vida de servicio o vida útil. Las medidas que ha ido adoptando el hombre fueron evolucionando con el tiempo, pero tanto hoy como ayer las principales son las constructivas (por diseño) y las químicas (aplicación de sustancias).

Las primeras medidas consistieron en la utilización de maderas con buena durabilidad natural y no fue sino más tarde que se empezó a tratar la madera con productos y técnicas artificiales.

De forma natural o espontánea el hombre colocaba las piezas de madera apoyadas sobre piedra para evitar su contacto con el suelo y así mantenerlas secas (detalle constructivo; protección por diseño); posteriormente empezó a aplicar aceites como los obtenidos del cedro para evitar su pudrición (protección química).

Al principio la evolución en la preservación de la madera se dio muy lentamente ya que se utilizaban los productos que se tenían al alcance.

Inicialmente se utilizaban maderas con buena durabilidad natural para en una segunda fase proteger de forma artificial con productos y técnicas especiales.

1.3 ¿Que es un preservante para madera?

Estos son productos químicos que, cuando se aplican correctamente, impiden el crecimiento de hongos de pudrición y el ataque de insectos, y estos deben ser utilizados para el tratamiento de las especies de madera con poca durabilidad natural, en especial para madera empleada en la construcción. En general, las sustancias preservantes se dividen en tres grupos principales: tipo oleosos, como la creosota y el alquitrán de petróleo, los oleo solubles y los que son hidrosolubles (solubles en agua). Los del tipo oleosos como el aceite de alquitrán y creosota, adulteran considerablemente la coloración de la madera y también interfieren con la aplicación de pintura; los hidrosolubles probablemente son los más valiosos para preservar construcciones, a pesar de que requieren tanques especializados para su debida aplicación.

Por otra parte, es bien sabido que la tala inmoderada y la deficiente reforestación ha propiciado que los bosques y selvas de nuestro planeta se vean cada día más menguados, lo que afecta enormemente a los ecosistemas y coadyuva al cambio climático que nuestro planeta sufre de manera más acentuada desde hace algunas décadas. En la agenda de las organizaciones internacionales, el cambio climático es una de las mayores preocupaciones debido a que coloca en riesgo la propia sobrevivencia sobre la Tierra por lo que la Organización de las Naciones Unidas, desde el año de 1992, emitió el convenio marco para contrarrestar los efectos ecológicos del calentamiento global del planeta (ONU, 1992).

Es por ello, que los profesionistas en Ingeniería en Tecnología de la Madera tienen entre sus objetivos el de proporcionar los conocimientos para preservar los bosques y selvas, con la finalidad de que se realice una producción sustentable, en donde la reforestación y el desarrollo de nuevo conocimiento para su debida preservación juegan un papel fundamental, ya que para ellos cada árbol es especial, y el aprovechamiento que se le dé a su madera debe ser con la finalidad de que este se convierta en un legado para las próximas generaciones, quienes en su momento podrán admirar su belleza, al mismo tiempo que disfrutarán de los

beneficios obtenidos al continuar utilizando la madera para el mejoramiento de la calidad de vida del hombre sin sacrificar los bosques y selvas, que son los pulmones del planeta; por lo que la mejor manera de contribuir para la perpetuidad y continuidad de los bosques y selvas es que la madera que ha sido aprovechada y transformada tenga una vida útil trascendental.

Con esta convicción, en este trabajo se realizó una revisión de las sustancias utilizadas por el hombre a lo largo de su historia para preservar la madera, toda vez que para poder desarrollar productos perseguidos es necesario tener conocimiento de las sustancias que se han utilizado a través del tiempo para poder brindarle la durabilidad que tanto requiere y prolongar su vida útil. Los hallazgos arqueológicos dan cuenta de que muchos de los vestigios de civilizaciones ya extintas fueron manufacturados en madera y que una parte de la madera encontrada en sitios arqueológicos se encuentra aún en la actualidad en perfectas condiciones, a pesar de que algunas de las piezas tienen varios miles de años de haber sido elaboradas, algo que los preservantes actuales no han podido lograr (Alonso, 2001).

1.4 La importancia económica de la preservación de la madera

Otro de los aspectos fundamentales cuando se analiza la preservación de la madera es su viabilidad económica con lo que queremos decir que la inversión que se realiza para su tratamiento se refleje en el incremento de su valor de mercado, esto es, de su precio. Dicho incremento de su precio, como intuitivamente se podría pensar, está en función de su mayor durabilidad y en muchos de los casos de la certificación de los procedimientos.

A este respecto, Swiderski (1996) sostiene que:

Repartida por textos técnicos, existe información acerca del costo y la eficacia de la preservación en relación con casos concretos. Según se informa en la India, por ejemplo, el costo de los postes, traviesas y maderas

de construcción de pino (*Pinus roxburghii*) tratados es, aproximadamente, un 20 % más alto que el de los productos no tratados. Al mismo tiempo, la duración de servicio es de 4 a 8 veces mayor. Los gastos anuales por tonelada de madera son de 2,5 a 3,5 veces menores que los de la madera no tratada. De otra fuente se sabe que, por lo que se refiere a las maderas de coníferas, el costo de la preservación (en una zona templada), representa de una quinta a una sexta parte del costo final de la madera. Con tratamiento de la madera se logra una duración de servicio tres veces mayor que la de las maderas sin tratar.

Este mismo autor proporciona evidencia empírica sobre el costo económico de la falta de tratamiento de la madera y refiere que:

En los Estados Unidos, las pérdidas causadas por insectos, pudriciones y el ataque de perforadores marinos llega a 500 millones de dólares por año. Existen cifras según las cuales, en los ferrocarriles norteamericanos, durante el período de 52 años 1898-1949, el ahorro medio obtenido gracias al empleo de traviesas tratadas fue de 129 millones de dólares anuales. En Hawái, el costo de reparación de los daños causados por los termites es, según comunicaciones oficiales, de 3 millones de dólares al año. Un ejemplo es Noruega, citado en la reunión sobre preservación de la madera, organizada por la FAO en Roma, en 1959, estimaba que las pérdidas anuales de la madera en servicio equivalían al costo de la impregnación a presión de toda la madera aserrada que se consumía anualmente en el país (Swidersi, 1996).

Es importante relacionar el tema de la presente investigación con sus implicaciones económicas ya que en una economía de mercado resulta fundamental que cualquier proceso de tratamiento destinado a lograr una mayor durabilidad de los productos, que bien puede ser entendido como una mejora en su calidad se traduzca en un incremento en su precio, principalmente cuando se destina a los mercados internacionales ya que generará una mayor entrada de divisas.

Capítulo II: La madera y el Hombre.

2.1 El Hombre Primitivo

Las investigaciones arqueológicas han determinado que el uso de la madera por el hombre data de aproximadamente unos 500,000 años atrás. Así pues los primeros humanos habrían utilizado madera en los mangos de sus hachas, la primera muestra de madera protegida data de unos 250,000 años y corresponde a una lanza de tejo endurecida al fuego (superficialmente carbonizada), encontrada en el interior del esqueleto de un mamut en la localidad de Lehringen, Alemania (García, 1999).

Cuando el hombre abandonó las cuevas y los refugios naturales sintió la necesidad de fabricarse algún cobijo para resguardarse con los materiales a su alcance, estos acontecimientos comenzaron durante el Paleolítico medio y superior. Los asentamientos al aire libre fueron frecuentes en Europa, Asia y África, ya sea que se tratase de simples armazones de ramas y hojas entrelazadas que posteriormente al ir perfeccionándose las técnicas constructivas fue mejorándose su diseño hasta la realización de cabañas o chozas. Los primeros refugios levantados adoptaron generalmente formas circulares, que son más fáciles de crear y las más estables, siendo en el hogar como elemento central el área destinada para la fogata, donde obviamente contaban con una abertura en la techumbre de la estructura para la debida evacuación de los gases de combustión.

Las ramas, troncos y palos que conforman su esqueleto se flexionan para encontrarse en la parte superior, de modo que el empuje que ejercen unos sobre otros es lo que brinda estabilidad estructural.

El tiempo y la experiencia hizo que aquellos hombres comprendieran que el contacto de la madera con el suelo era perjudicial (por la consecuente aparición de hongos cromógenos y de pudrición) para todo el entramado montado, por lo que se debió someter a la madera a un proceso de carbonización, con el fin de evitar

que la humedad del suelo la deteriorase por la acción de microorganismos que hoy día denominamos hongos.

Capítulo III: La Era Antigua. Los primeros preservantes.

3.1 Civilización Egipcia

El Antiguo Egipto fue una civilización que surgió en el año 3000 a.C. al agruparse los asentamientos situados en las riberas del cauce medio y bajo del río Nilo. Su territorio también abarcó, en distintos periodos, el desierto oriental y la línea costera del mar Rojo, la península del Sinaí y un gran territorio occidental dominado por oasis dispersos. Es bien sabido que esta civilización se caracterizaba por su gran habilidad para preservar materiales de origen orgánico, como lo es la madera y los cuerpos de sus gobernantes (Asimov, 1985).

Fue tal la grandeza de la civilización egipcia y su vinculación con la madera que Asimov (1985) sostiene que:

Los egipcios, que ya tenían una historia de mil quinientos años de civilización, que contaban con un país en el que la pirámide más antigua ya tenía mil años, despreciaban a los extranjeros. Es cierto que habían comerciado con ellos, pero siempre desde posiciones de riqueza, cambiando adornos y artilugios hábilmente fabricados por simples materias primas: madera, especias, metal bruto. Cuando los ejércitos egipcios habían salido fuera de sus fronteras hacia Nubia o Siria, habían sido capaces de instaurar su dominio sobre pueblos mucho menos poderosos y tecnológicamente menos avanzados que ellos. Sin duda, los egipcios se sentían tan orgullosos de su país como los ingleses de Gran Bretaña en los días de la reina Victoria, o los norteamericanos respecto a Estados Unidos hoy en día.

Los egipcios, además, construían sus sarcófagos con maderas muy durables, por ejemplo, el *Ficus sicomorus*, un árbol de la familia de las moráceas y del género

de las higueras que tuvo gran importancia en el Antiguo Egipto, aunque actualmente es difícil encontrar en este país. Para prolongar su durabilidad les aplicaban aceites naturales. Sin embargo, no existen registros precisos de las sustancias que dicha cultura utilizó en sus métodos de preservación de la madera, toda vez que la mayor parte de los registros fueron destruidos durante la conquista de ésta por parte del Imperio Romano en el año de 31 a.C. (Caballero Bataller, 2016).

Herodoto (484-424 a.C.), conocido como el padre de la Historia, describe el arte de extraer aceites, productos bituminosos y resinas del cedro, y sobre los sistemas de conservación utilizados por los egipcios para la momificación de cuerpos embalsamados y la conservación de sus manuscritos. Aunque no se conocen con exactitud las técnicas de embalsamamiento, son consideradas como pioneras en la práctica de la protección, ya que se basaban en la introducción, de soluciones conservantes en el organismo (Caballero Bataller, 2016)

Con frecuencia se empleaban sustancias aromáticas como el mentol, timol, vinagre aromático, esencia de espliego, etc. Rodríguez Barreal (1998) en su libro intitulado Patología de la Madera sostiene que:

...todo indica que los sumergían en un producto denominado "natron" (mezcla de carbonato, cloruro y sulfato sódico) y a continuación en un baño de una sustancia oleosa. Para mejorar la penetración de estos productos dentro del cadáver, tenían que calentar el baño a temperaturas iguales o superiores a 103 °C para que el agua del cuerpo se evaporara y fuera sustituida por estas sustancias oleosas.

Un proceso o técnica similar, la inmersión caliente y fría, se utilizó posteriormente en el siglo XIX para proteger la madera.

3.1.1 El natrón

El natrón proviene del término NTR del Antiguo Egipto, que significa divino o puro, dando lugar a la palabra compuesta *sal divina*. El principal lugar de extracción de esta sal era la zona de Uadi el Natrun, en Egipto. Asimismo, se sabe que este químico también fue utilizado para la preservación de la madera mediante su aplicación por un proceso similar al de inmersión caliente-frío.

La civilización egipcia, como ya se comentó, fue la primera en proteger la madera de forma más eficaz, ya que sus muebles, pinturas y objetos decorativos, se han conservado hasta la actualidad. Durante su apogeo, los egipcios lograron perfeccionar y utilizar sabiamente las condiciones de sequedad del ambiente, así como el uso de diversas sustancias para la debida preservación de la madera. Hoy día se pueden observar muebles en madera manufacturados hace miles de años por esta civilización, los cuales se encuentran en excelentes condiciones y no presentan a simple vista deterioro alguno por el paso del tiempo (Stead, 1996).

3.2 Civilización Griega

La civilización griega tiene sus orígenes en la isla de Creta, al sureste del Peloponeso, a partir del 2100 a.C. aproximadamente, donde se desarrolló la civilización Minoica, nombre tomado del legendario rey Minos, que se asocia a la leyenda del laberinto y el minotauro. Los griegos, entre muchas otras aportaciones para la humanidad, utilizaron la madera en la carpintería naval y para la construcción de viviendas (Mucharaz, 2012).

El apogeo de la cultura griega (600 a.C.) estuvo acompañado por un aumento del uso de maderas durables y por prácticas constructivas que procuraban el uso de madera seca. Se colocaba sobre bases y remates de piedra en los pilares para evitar el agua de lluvia (Asimov, 1987).

3.2.1 Uso de bitúmenes y breas.

Los griegos mejoraron la penetración y absorción de los aceites realizando incisiones en la madera, además empezaron a aplicar bitumeno breas para protegerla contra la humedad y los elementos biológicos².

Hesiodo (poeta griego de los siglos VIII - IX), por su parte, habla en sus poemas de la acción protectora del humo producido por la combustión de la leña, aunque no sabía la razón, muchos años después de la muerte del poeta griego se demostró que era debido a los vapores de la creosota existentes en el humo.

En la edad de Oro de Atenas, en lo militar, era una primera potencia naval que se basaba en su gran flota que les permitió derrotar a la armada persa. Mantener el imperio exigía una flota eficiente, y mantenerla dependía de la durabilidad de los barcos, lo que requería reemplazarlos al cabo de 25 años. Referente a la construcción civil, toda la ciudad estaba llena de entramados contruidos en madera, su conservación y estudio era fundamental en aquella época y la combustión de hulla era lo habitual tanto en la desinsectación como en la durabilidad de la materia prima madera (Caballero Bataller, 2016).

El modelo de marina griega era de origen cretense y fenicio, es decir, barcos que sobresalían bastante del agua y que, a pesar de ello, bajo la línea de flotación tenían un gran espacio lleno de ánforas en pisos superpuestos, y en el fondo llevaban minerales o lingotes de cobre. El casco estaba contruido con madera de pino de Siria, de donde también obtenían el betún para calafatear el casco. Los viajes eran muy lentos, pues no se empleaban remos en las rutas normales. También con Grecia llegó la primera utilización del barco como arma decisiva en la guerra, muy

²El conocimiento de las propiedades protectoras de las materias alquitranosas se remonta a tiempos muy lejanos e incluso en la Biblia (*Génesis, Capítulo VI, versículo 14*) ya se menciona que *Dios ordenó a Moisés construir una barca y protegerla interiormente y exteriormente con brea*

especialmente en la batalla de Salamina contra los persas. El barco de guerra debía ser estrecho para ir más rápido y además propulsado por remos. Se le dotó de las armas necesarias para hundir otros navíos, como el espolón de bronce. Además, llevaban soldados, equipados para el combate a distancia, que usaban jabalinas y arcos (Álvarez, 2011).

3.3 India

En el oriente los indios sumergían la madera en agua salada antes de usarla en sus edificaciones (100 a.C.) (Montes, 2000).

3.4 Civilización China.

Hace más de 2000 años, los chinos utilizaron el agua salada como un agente de impregnación para preservar madera, toda vez que la madera que contiene más de 5 % de sal de mesa (*cloruro sódico*) no es susceptible al ataque de hongos. Dicho tratamiento era proporcionado por inmersión en agua salada, y se aplicaba en mayor parte a madera para uso estructural. La versión moderna de esto es el uso de sales de metales (Caballero Bataller, 2016).

3.5 Australia.

Los aborígenes australianos desde el año 5000 a.C. usaron la madera del árbol conocido como "bloodwood" (*Corymbia opaca*) para la elaboración de viviendas por su alta resistencia natural al deterioro. Así mismo, utilizaron la savia de dicho árbol denominada Kinocomo preservante para maderas menos durables (Unger y Schniewind, 2001).

3.6 Japón.

La sociedad japonesa desde tiempos ancestrales sometía la madera destinada para uso estructural a un proceso denominado "*shou-sugi-ban*" el cual consistía en chamuscar superficialmente las piezas de madera hasta obtener una apropiada

carbonización de la superficie, para posteriormente cepillarla, limpiarla y aplicarle mediante brocheado aceite de cedro o similar, brindándole así una excelente protección contra el fuego y hacerla resistente contra hongos e insectos. Presumiblemente este proceso preservante garantiza una durabilidad de entre 80 a 100 años de la madera tratada (Sheila, 2012).

3.7 Civilización Romana.

La Cultura romana fue el resultado de un importante intercambio entre civilizaciones diferentes: la cultura griega y las culturas desarrolladas en Oriente (Mesopotamia y Egipto). Uno de los vehículos que más contribuyó a la universalización de la cultura romana, que de pronto fue la de todo el imperio, fue el uso del latín como lengua común de todos los pueblos sometidos a Roma; como es bien sabido la cultura romana se caracterizó por tener una de las flotas marítimas más grandes e importantes del mundo, por lo que para ellos era de vital importancia la adecuada preservación de la madera expuesta al ataque de barrenadores marinos, por lo cual la cubrían por dentro y por fuera con brea.

Un arquitecto romano menciona la utilización de los desperdicios del aceite para proteger la madera contra los insectos xilófagos, y que la pez (betún, brea) servían para proteger a la madera de la acción del agua (Caballero Bataller, 2016).

3.7.1 Uso de Aceites.

Roma representa la expansión del conocimiento, por ejemplo, Catón El Antiguo (234-142 a.C.) preconiza en su obra *"De re rustica"*, pincelar la madera con aceite de oliva condensado (reducido por cocción a la mitad de su volumen) (Montes, 2000).

Plinio el Viejo (23-79 d.C.) describe en sus escritos diversas formas para preparar aceites que se utilizaban para proteger la madera, en particular menciona los aceites de cedro, oliva, alerce, ciprés y nardo para su protección frente a la acción de la pudrición. En el libro XI cita algunos ejemplos, como el estrado que

sustentaba el Zeus (Júpiter) de Phidias en el monte Olympus, que fue protegido por una capa de asfalto en el año 450 a.C (Caballero Bataller, 2016).

En el libro XVI cita otro ejemplo, el caso curioso de la estatua de la diosa Diana que figuraba en el templo de Ephesus (Asia Menor), la cual antes de ser instalada fue tratada en el año 628 a.C. con aceite de nardo (perfume extraído de una planta herbácea del género *Nardostachys* que se encuentra en el Himalaya) abriendo numerosos orificios de poco diámetro y gran profundidad en la madera, en los cuales se vertía desde un recipiente situado a gran altura para aprovechar la fuerza de la gravedad. Esta obra de arte, una de las siete maravillas del mundo de aquella época, estaba en buen estado de conservación en el año 356 a.C., es decir después de 272 años, fecha en que fue incendiada por Erustrato, la misma noche que nació Alejandro el Grande, según cuenta la leyenda (Caballero Bataller, 2016).

Asimismo, Plinio el Viejo también observó que la madera de albura se pudría más fácilmente que la de duramen y que era susceptible de ser atacada por insectos xilófagos; que los árboles de las especies olorosas y con resinas eran más resistentes a la pudrición (de forma particular menciona que el ciprés, el cedro, el ébano, el loto, el boj, el tejo y el junípero no se pudrían con el paso del tiempo); que las maderas sumergidas en el Mar Rojo continuaban "después de 200 años libres de pudriciones" mientras que la madera que se utilizaba en mares u océanos abiertos era atacada por xilófagos marinos (los describía diciendo que tienen una cabeza muy grande comparada con su cuerpo) que el sonido que se transmitía a lo largo de una viga de madera, por muy larga que fuera, podía utilizarse para detectar si estaba torcida y si presentaba muchos nudos y que los dientes de sierra debían curvarse para facilitar la salida del aserrín (Caballero Bataller, 2016).

3.7.2 Preservación con cobre y carbonización superficial

Los romanos trataban la madera que utilizaban en las minas con cobre metálico, como lo demuestran las muestras extraídas de algunas minas de Chipre, aunque

no se conoce con exactitud el método empleado parece que utilizaban métodos parecidos al de difusión.

También solían carbonizar superficialmente las maderas para aumentar su protección, como se podía observar en el templo de Diana en Éfeso. Este método es quizás, el más antiguo, y existen referencias de su utilización que datan desde hace 4.000 años (Caballero Bataller, 2016).

3.7.3 Uso de ignífugos (potasio de aluminio)

Por otro lado, los romanos están considerados como los inventores de los productos ignífugos retardadores ya que trataban sus maderas con alumbre. Aulu-Gelle (Berge, 2009) menciona también que en el Siglo de Pireo (año 86 a.C.) no fue posible quemar una torre de madera que se había impregnado con alúmina (potasio de aluminio).

3.7.4 Preservar en primavera

Por otro parte, Marco Vitruvio Polión (en latín Marcus Vitruvius Pollio) conocido como Vitrubio, considerado el primer tratadista de la antigüedad, era arquitecto y también recogió en su libro de observaciones sobre el comportamiento de la madera y señalaba que "la madera ha de tratarse con aceite de oliva entre el principio del otoño y el tiempo que precede aquel en que sopla el viento". Lo cual indica claramente que en la estación de primavera que es cuando florecen los árboles, estos emplean toda su sabia, lo que facilitaría su preservación (Caballero Bataller, 2016).

3.7.5 De la caída del Imperio Romano a la Edad Media

Después de la caída del Imperio Romano (450 d.C.) no se registra ningún avance técnico importante en la protección de la madera, o al menos no se tiene constancia de ello durante más de 1.000 años y hasta la Edad Media (Montes, 2000).

Capítulo IV: La Preservación En La Edad Media

4.1 Uso de alquitrán, asfalto y derivados del Petróleo.

En la Edad Media (Siglos V – XV d.c.) se empleaba tanto el asfalto y los productos derivados del petróleo y el alquitrán extraído de la madera para su preservación. Los españoles, durante la conquista de América, aprendieron de los indígenas a utilizar resinas y cauchos para proteger sus maderas. En 1607, el químico alemán Johan Glauber desarrolló un proceso por el cual la madera se carbonizaba superficialmente, se recubría posteriormente con alquitrán y finalmente se sumergía en ácido piroligneo (producto de destilación de la madera) (Montes, 2000).

4.2 La carbonización superficial.

Durante los años de 1469 a 1524, Vasco de Gama fue un célebre navegante y explorador portugués, el cual en la era de los descubrimientos destacó por haber sido el comandante de los primeros barcos que navegaron directamente desde Europa hasta la India, el viaje oceánico más largo realizado hasta ese momento, debido a que en ese entonces era habitual que las embarcaciones de madera presentasen daños ocasionados por barrenadores marinos, éste optaba por someter la madera de sus navíos a un tratamiento de carbonización superficial, logrando así protegerlos contra el ataque de este agente biológico deteriorante (Berge, 2009).

4.3 El Renacimiento.

4.3.1 El cloruro de mercurio.

Leonardo Da Vinci durante su apogeo como polimata florentino del Renacimiento Italiano (1452-1519), trataba los paneles posteriores y los marcos de madera de sus pinturas con un compuesto a base de cloruro de mercurio para protegerlos

contra los agentes biológicos de deterioro. De igual manera obran registros de que en el año de 1500 d.C., los monjes franciscanos utilizaban el cloruro de mercurio en sus pisos de madera con la finalidad de protegerlos contra el ataque de insectos (Richardson, 1993).

4.3.2 El ácido bórico.

En 1705, el científico francés Wilhelm Homberg recomendaba el uso del bicloruro de mercurio como protector de la madera contra la acción de los insectos xilófagos (que posteriormente Kyan utilizó para patentar su proceso). La sustancia que se le atribuye, *Sal Sedativum Hombergi* o ácido bórico, es hoy en día uno de los más importantes conservantes preventivos de la madera (Richardson, 1993).

Capítulo V. La Revolución Industrial

5.1 El *Chrysanthemum cinerariaefolium*.

En el año 1800 d.C., se descubrió que la planta denominada *Chrysanthemum cinerariaefolium*, misma que cuenta con hojas del tipo perenne y perteneciente a la familia de las asteráceas, con un gran parecido a la margarita, cuenta con propiedades insecticidas y repelentes según la concentración de los componentes activos que se encuentran en su flor (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

5.1.1 Piretrinas

Las flores son pulverizadas y los componentes activos, son llamados piretrinas, contenidos en las cubiertas de las semillas, eran extraídos y vendidos en forma de oleorresina. Este componente es aplicado como una suspensión en agua, aceite o como polvo.

Las piretrinas atacan el sistema nervioso de todos los insectos, afectando los enlaces inter-neuronales, impidiendo así que estos coordinen sus movimientos. Cuando no están presentes en cantidades fatales para los insectos, siguen actuando como repelente. Son dañinos para los peces, pero son mucho menos tóxicos para los mamíferos y pájaros que muchos otros insecticidas sintéticos; no son persistentes, son biodegradables e incluso foto-biodegradables. Se les considera entre los insecticidas más seguros para usar en la preservación de la madera a pesar de su poca permanencia (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

5.2 Cloruro de mercurio

El químico Inglés Kyan, en 1832 después de años de experimentación, logró una patente para el tratamiento de la madera por inmersión en cloruro de mercurio (II), marcando así el comienzo de conservación de la madera moderna. Otras sustancias y procesos pronto llegarían al mercado (Richardson, 1993).

El cloruro de mercurio o sublimado corrosivo es muy soluble, el más importante y el más efectivo de los preservantes simples a base de sales. Fue primeramente propuesto por el científico Humbert en el año de 1705, pero el proceso fue patentado por Kyan en 1832. Kyansing (como era llamado este proceso) consistía en tratar la madera mediante simple inmersión en una solución de cloruro de mercurio, la cual generalmente tenía una concentración de 0.66 %. Este tratamiento es altamente tóxico para hongos e insectos, pero también es fácilmente absorbido por la madera: si la madera se mantiene por un periodo prolongado de tiempo en la solución de cloruro de mercurio mas solución hay que añadir para compensar esta absorción (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

El cloruro de mercurio es altamente corrosivo por lo que es necesario construir la planta de preservación de concreto o piedra; esta es la razón por la que el cloruro de mercurio nunca fue aplicado usando una planta de impregnación. Asimismo, el cloruro de mercurio es altamente venenoso y muy costoso, pero el proceso denominado Kyansing es quizás el tratamiento hidrosoluble más efectivo para la madera en Europa; los postes telefónicos de abeto pueden ser tratados durante diez días inmersos en una solución de cloruro de mercurio, y no hay todavía ningún tratamiento alternativo que pueda alcanzar el mismo grado de fiabilidad. Desafortunadamente el cloruro de mercurio fue prohibido para ser usado como preservante para madera en Alemania en el año de 1935, cuando las sales Wolman dominaban el mercado de los preservantes hidrosolubles (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

5.3 Hexaclorociclohexano.

En el año de 1825, Faraday descubrió un producto compuesto por la adición de benceno y tres moléculas de cloro, formado bajo los efectos de los rayos solares. A partir de este producto que contiene varios isómeros de hexaclorociclohexano, es que en el año de 1912 el químico Linden fue el primero de aislar los isómeros individualmente. Posteriormente en el año de 1936 se descubrieron las

propiedades insecticidas del Hexaclorociclohexano, lo que propició su uso como insecticida para tratar madera afectada por el ataque de insectos.

El hexaclorociclohexano es una sustancia que se presenta en el ambiente de forma isomérica, destacando las formas alfa, beta, gamma y delta como las más abundantes en el medio. El compuesto más representativo de todos, es el lindano que se caracteriza por ser un compuesto sólido, ligeramente volátil, con un color blanquecino y un olor ligeramente mohoso en condiciones de presión y temperatura ordinarias (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

Químicamente es apolar y muy estable, descomponiéndose al sufrir un calentamiento intenso, en dónde se desprenden humos tóxicos como el fosgeno (es un importante componente químico industrial utilizado para hacer plásticos y pesticidas. A temperatura ambiente (21 °C), el fosgeno es un gas venenoso), cloruro de hidrógeno, y monóxido de carbono. Su solubilidad en agua es prácticamente nula, sin embargo, se disuelve relativamente bien en disolventes orgánicos.

Antiguamente esta sustancia fue utilizada como insecticida para combatir las plagas en la agricultura, aunque también como ya se mencionó anteriormente se utilizó para tratar madera y para matar los parásitos de los animales.

Hoy en día, su toxicidad ha sido comprobada y su uso se encuentra estrictamente limitado en la Unión Europea, siendo prohibido en algunos países.

5.4 Cianuro de hidrógeno

A pesar de los rápidos avances en la conservación de la madera utilizada a nivel industrial en ese entonces, estos no tenían el mismo impacto en las prácticas usuales de conservación aplicadas en los artefactos de madera. Tiempo después entre los años de 1852-1855, aún se continuaban aplicando tratamientos ineficaces a la madera, tal como lo hizo A. Stifter quien trató la madera del altar de

Kefermarkten Austria impregnándolo con salmuera, lo cual resultó completamente ineficaz contra los insectos que la degradaban. Más tarde de nueva cuenta se llevarían a cabo varios intentos por erradicar los barrenadores que deterioraban dicho altar, entre los cuales fue tratar la madera mediante un cepillado con petróleo y hexacloroetano en los años de 1916 a 1918, sin embargo dicho procedimiento resultó ser infructuoso. No fue sino hasta el año de 1929 en que se utilizó cianuro de hidrogeno, el cual había estado en uso en los Estados Unidos contra las plagas en plantas y productos almacenados desde 1880, químico que trajo el tan deseado éxito (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

5.5 Uso de Dióxido de Carbono, Nitrógeno y Argón.

Desde 1934, los fumigantes han desempeñado un importante papel en la liberación de los bienes culturales de las plagas que destruyen la madera. En épocas más recientes, se realizaron intentos para reemplazar dichos fumigantes (cianuro de hidrógeno, bromometano, y óxido de etileno), ya que son altamente tóxicos tanto para el ser humano como para el medio ambiente, sustituyéndolos con gases inertes tales como dióxido de carbono, nitrógeno, o argón. Estos gases eliminaban a los insectos por reducción o sustitución de oxígeno vital; el uso de estos gases se remonta a un método practicado en la antigüedad, donde se almacenaban los granos en contenedores herméticamente sellados, lo que ocasionaba que el contenido de oxígeno se redujera de tal manera que las plagas de insectos no tenían posibilidad alguna de supervivencia (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

Capítulo VI. La Preservación en la Era Moderna

6.1 Compuestos de Flúor.

El flúor es históricamente uno de los más importantes elementos preservantes para madera. Los fluoruros fueron originalmente propuestos como preservantes para madera en Gran Bretaña en el año de 1861, en procesos diseñados para precipitar fluoruro de Calcio o fluorsilicato en la madera, pero estos sistemas jamás fueron desarrollados comercialmente. El primer proceso practicado con fluoruro, desarrollado en 1901 y patentado en 1903, involucraba disolver zinc en ácido fluorhídrico. La pérdida del exceso de fluoruro de hidrogeno después de la aplicación de la solución en la madera resultó en fijación (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

Un proceso similar se desarrolló en Francia en el año de 1907, el cual consistía en tratar la madera con una mezcla de fluoruro de sodio y cloruro de zinc, seguido de calentamiento para lograr la fijación por precipitación de fluoruro de zinc dentro de la madera (Richardson, 1993).

En el mismo año, Wolman patentó el uso de fluoruros de sodio y potasio para la preservación de la madera utilizada para el soporte de minas. El fluorsilicato de sodio había sido el primero en ser propuesto como preservante para madera en el año de 1904, pero no fue ampliamente utilizado, a pesar de su disponibilidad y bajo costo, a causa de su baja solubilidad y propiedades corrosivas (Richardson, 1993).

6.1.1 El fluoruro de sodio

El fluoruro de sodio ha sido usado también como componente en muchos preservantes multi-sales. Es extremadamente fungicida, así como también es tóxico para algunos insectos barrenadores, sin embargo, sus propiedades insecticidas son efectivas solamente para algunas especies. Por otro lado, el fluoruro de sodio no es corrosivo y la madera que ha sido tratada puede pintarse,

pero el tratamiento es lixivable cuando se utiliza por sí solo (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

La solubilidad del fluoruro de sodio es solamente de 4-5 % a temperatura ambiente, pero su toxicidad permite retenciones adecuadas si se aplica por impregnación bajo presión.

6.1.2 El fluoruro de potasio

El fluoruro de potasio es más costoso, pero también más soluble y es usado cuando se requieren soluciones a concentraciones más altas, tal como tratamientos por inmersión o impregnación de maderas con baja permeabilidad (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

6.1.3 El compuesto Basilit

En el año de 1909, Malenkovic introdujo un preservante que consistía en una mezcla de aproximadamente 88 % de fluoruro de Sodio y 12 % de dinitrophenolanilin; este preservante fue primeramente conocido como Bellit, pero renombrado Basilit en 1914 (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

6.2 Uso del DDT.

En el año de 1939, el químico suizo Paul Hermann Müller, descubrió el DDT (diclorodifeniltricloroetano) el cual es un insecticida organoclorado sintético de amplio espectro, de acción prolongada y estable, aplicado en el control de plagas para todo tipo de cultivos desde la década del cuarenta. Su potencial ecotóxico reside en que mata a los insectos por contacto, afectando su sistema nervioso. Su efecto tóxico, luego de ser aplicado, se conserva durante años (alto poder residual); su acción no es selectiva, su aplicación provoca no sólo la muerte inmediata y masiva del insecto plaga, sino también la de insectos benéficos; y a mediano y largo plazo la de infinidad de otros organismos (peces, aves y

mamíferos). Durante años el DDT fue utilizado para el control de plagas que atacaban la madera, por su gran efectividad, sin embargo este se dejó de utilizar.

6.3 La creosota.

La creosota se ha utilizado desde 1948 como preservante para madera. Ésta se obtiene de la destilación a alta temperatura de alquitrán de hulla. Productos plaguicidas que contienen creosota como el ingrediente activo se utilizan para proteger la madera contra las termitas, hongos, ácaros y otras plagas que pueden degradar o poner en peligro la integridad de los productos de madera (Richardson, 1993).

En la actualidad, la creosota se utiliza sólo con fines comerciales. La creosota es un pesticida de uso restringido que se puede utilizar en entornos al aire libre como en durmientes de ferrocarril y postes de electricidad. Las aplicaciones de la creosota en interiores están prohibidas, así como la aplicación a la madera destinada para su uso en contacto con alimentos o agua potable (Richardson, 1993).

6.4 Preservantes destilados del petróleo

Las propiedades preservantes de los aceites derivados de petróleo pueden atribuirse solamente a sus propiedades físicas, ya que prácticamente no son tóxicos. En los Estados Unidos de América, los aceites pesados de petróleo se usan como diluyentes para creosota. Esto es una práctica basada en el concepto de que las cargas de creosota pueden reducirse sustancialmente como en los tratamientos de célula vacía mientras conserva propiedades preservantes adecuadas, aunque altas cargas logran mayor resistencia al intemperismo (Richardson, 1993).

La escasez de la creosota en los Estados Unidos, particularmente durante la Segunda Guerra mundial, condujo a un aumento en el uso de conservantes a base de petróleo, particularmente el pentaclorofenol en aceite, que posee propiedades similares a la creosota (Richardson, 1993).

Diversas sustancias tóxicas que han sido usadas para fortalecer la creosota han sido también aplicadas en aceites derivados de petróleo en el intento de desarrollar una alternativa a la creosota. Compuestos de cobre, zinc y arsénico fueron añadidos, pero un tratamiento en dos etapas involucrando tratamiento a base de sales hidrosolubles para proveer toxicidad, seguido por un tratamiento a base de aceites de petróleo para proteger contra lixiviación, proporciona los resultados más confiables (Richardson, 1993).

6.5 El pentaclorofenol

El pentaclorofenol es una sustancia química manufacturada que no ocurre naturalmente. El pentaclorofenol puro existe como cristales incoloros. El pentaclorofenol impuro (la forma que generalmente se encuentra en sitios de residuos peligrosos) es gris oscuro a pardo y existe como polvo, granos o escamas. Los seres humanos generalmente están expuestos a pentaclorofenol impuro (llamado también pentaclorofenol de calidad comercial) (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010).

El pentaclorofenol tuvo amplio uso como pesticida y para preservar madera. Desde 1984, la compra y el uso de pentaclorofenol ha sido restringida a individuos autorizados. Ya no está disponible para uso por el público en general. Todavía se usa industrialmente como preservante para madera en postes de empresas de servicio público, durmientes de ferrocarriles y pilotes de muelles (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010).

6.6 Sales CCA.

Conocido comercialmente como CCA, el ácido cromatado de cobre es uno de los preservantes ampliamente utilizados en la actualidad a escala mundial. Este producto, utilizado para inhibir la acción de hongos, bacterias e insectos, es una combinación de tres componentes metálicos: cromo, cobre y arsénico. De los tres tipos manufacturados, según el estándar de la American Wood Preservers' Association (AWPA), el tipo C (también conocido como Wolman) es el más

comercializado. Su formulación química es la siguiente: 47,5 % de trióxido de Cromo, 18.5 % de óxido cúprico y 34 % de pentóxido de arsénico. Desde la década de 1940, la madera ha sido tratada con estas sales mediante el uso de métodos a presión (Richardson, 1993).

La popularidad de este producto, en especial en Estados Unidos y Canadá, dos de los mayores productores y consumidores de madera preservada en el mundo, comenzó como sustituto de otros productos preservantes que presentan severas fuentes de contaminación ambiental. Sin embargo, actualmente también se ha restringido el uso de productos de arsénico y cromo (Richardson, 1993).

Desde 1970 hasta la década de 2000, la mayor parte de la madera que se utiliza en entornos residenciales al aire libre era de madera tratada con estas sales. A partir del 31 de diciembre del año 2003 los fabricantes de estas sales, dejaron de utilizarlas prácticamente para todos los usos residenciales, incluyendo las cubiertas y juegos infantiles, recomendando su uso exclusivo para otros fines (Richardson, 1993).

El CCA presenta ciertas ventajas, como permitir un acabado perfecto en maderas expuestas a la vista, por lo que es ampliamente utilizado en madera de construcción, es de relativamente difícil lixiviación una vez fijado en la madera, con lo que disminuye el riesgo ambiental de su utilización y es altamente tóxico para organismos taladradores y xilófagos en general. Sin embargo, estas cualidades no son absolutas (Richardson, 1993).

Capítulo VII. Los nuevos preservantes para madera

7.1 Derivados del triazol

7.1.1 El propiconazol

El propiconazol es un fungicida de triazol que se registró por primera vez en 1981. Este ha sido aprobado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América) para la preservación de la madera utilizada en carpintería, revestimientos de madera, madera contrachapada, madera estructural y materiales compuestos que se utilizan en aplicaciones sólo por encima del suelo. El Propiconazol por sí solo no protege la madera contra el daño causado por insectos. Su aplicación se recomienda sea mediante el uso de un método a presión (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

7.1.2 El triadimefon

El triadimefon es un fungicida de triazol que se registró por primera vez como preservante de la madera en el año 2009. El uso de este ha sido aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América para la conservación de productos compuestos a base de madera y productos de madera destinados tanto para plantas superiores como en contacto con el suelo tales como terrazas de madera, muebles de jardín, carpintería, barandas, postes, pilotes de cimentación, y cercas. El triadimefon puede ser aplicado por inmersión o mediante un tratamiento a presión (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

7.2 Preservantes para madera de uso residencial.

Más recientemente la EPA ha registrado nuevos ingredientes activos para su uso como preservantes para madera; estos preservantes cuentan con un perfil menos tóxico en comparación con los preservantes más antiguos (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

7.2.1 Las sales ACQ

Esta sustancia (alcalino cuaternario de cobre) es un preservante para la madera a base de agua, que evita el deterioro de la madera producto del ataque de hongos e insectos (con propiedades fungicidas e insecticidas). Este cuenta con niveles de riesgo relativamente bajos, en base a sus componentes de óxido de cobre y compuestos de amonio cuaternario (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

Los preservantes base agua como el ACQ después de su aplicación dejan la superficie de la madera seca, lo que permite aplicar acabados. ACQ se ha registrado para su uso en: madera, postes de vallas, postes para la construcción y de servicios públicos, postes en contacto con agua dulce o salada, madera para diques, cubiertas, tejas de madera, etc. (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

7.2.2 Boratos

Octaboratodisódicotetrahidrato (DOT) está especialmente formulado para su uso como preservante para madera a base de agua y se ha registrado por la EPA, así como también en las agencias gubernamentales a través de Asia, América del Norte y Europa. Las aplicaciones típicas incluyen: muebles y la construcción interior, tales como las cubiertas, revestimientos, placas de umbral, tiras de madera, cerchas y vigas (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

7.2.3 Azol de cobre

Azol de cobre es un conservante de la madera a base de agua que la protege contra ataques por hongos e insectos; es un fungicida e insecticida. Es ampliamente utilizado en los Estados Unidos y Canadá.

Los preservantes a base de agua, como el azol de cobre, dejan la madera con una superficie limpia, que permite la aplicación de acabados después de que se seque. El azol de Cobre se ha registrado para el tratamiento de carpintería, tejas de madera, revestimientos de madera, madera contrachapada, madera estructural, postes de cercas, postes para la construcción y de servicios públicos, madera en contacto directo con la tierra y pilotes en agua dulce, materiales compuestos y otros productos de madera que se utilizan por encima del suelo, en contacto con el suelo y de agua dulce, así como en las aplicaciones de plataformas en riesgo de salpicadura con agua salada (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

7.2.4 Naftenato de cobre

EL naftenato de cobre se registró por primera vez en 1951 y se aplica por brocha, inmersión, aspersión, y se aplica a presión solamente para la madera que estará en contacto directo con el suelo o agua ya sea dulce o salada, y en elementos por encima del suelo tales como postes y muelles. El naftenato de cobre es eficaz en la protección de la madera contra el ataque por insectos.

7.2.5 Cobre HDO (bis- (Ncyclohexyldiazeniumdioxy- cobre))

El cobre - HDO se registró por primera vez en 2005, se aplica mediante presión y se puede aplicar a la madera que se utilizará en terrazas, barandas, placas de umbral, pérgolas, vallas y postes. Está restringido para su uso en zonas acuáticas, construcción de cajones para colmenas, o cualquier aplicación asociada con el envasado de alimentos (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

7.2.6 Polímero betaina

El polímero betaína se registró por primera vez como un ingrediente activo en los Estados Unidos en 2006. Se trata de un éster de borato que, cuando se aplica a la madera, se descompone en CDDA (di-metil cloruro de amonio di-decil) y ácido

bórico. Este polímero se aplica mediante un tratamiento a presión a algunos productos forestales (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

8. Conclusiones.

- ✓ Como se puede constatar, la madera se encuentra estrechamente ligada al desarrollo de las diferentes civilizaciones y permitió la sobrevivencia del *Homo erectus*. De igual manera, fue un soporte fundamental en algunas de las innovaciones más importantes en los años previos, durante y posteriores a la revolución industrial.
- ✓ Algunas de las características máspreciadas de la madera son también sus principales restricciones o limitantes por lo que, sin soslayar su invaluable aportación en la vida de los seres humanos y la posibilidad de hacer su vida más llevadera, desde que se inició con su uso fue necesario buscar alternativas para preservarla y conservarla el mayor tiempo posible.
- ✓ En la actualidad, la explotación de la actividad forestal tiene que considerar el concepto de sustentabilidad por lo que todos los ciudadanos tienen que preocuparse por los fenómenos del cambio climático y la protección de los ecosistemas. De manera que dicha responsabilidad toma una importancia mayor en los profesionales que tienen conocimientos sobre la tecnología que es la más idónea para preservar las propiedades de la madera y con ello coadyuvar a un manejo más racional en su utilización.
- ✓ Frente al agotamiento de los bosques naturales de maderas nobles y durables, la preservación es la respuesta técnica, que posibilitará la incorporación de un gran número de especies a los diferentes campos de aplicación, con igual o mayor duración que las tradicionalmente conocidas.
- ✓ La preservación le otorga a la madera un incremento a su vida útil, mediante procesos físico - químicos, de esta manera se incorporan al

mercado nuevas especies maderables, aspecto que incide directamente en el desarrollo económico y social, desde el momento en que adecuadamente aplicada la preservación en los productos maderables llegan a satisfacer efectivamente las necesidades del hombre.

- ✓ Por otra parte, la preservación de la madera está relacionada con la competencia en los mercados, ya que uno de los mecanismos que se tienen que considerar en la calidad de los productos madereros es el factor de su durabilidad, principalmente cuando se trata de bienes de consumo finales, además de que los procesos productivos limpios, entendidos como aquellos que cuidan el medio ambiente son elementos cada vez más valorados en los mercados internacionales.
- ✓ En este trabajo monográfico se presentan algunas cifras que dan cuenta del potencial forestal que tiene México en el contexto de los países latinoamericanos. Sin embargo, la importancia del sector forestal se encuentra muy por debajo de países con un potencial menor al grado de que el balance entre lo que se exporta e importa de productos madereros es deficitario. De manera que el reto en los años por venir será revertir dicha situación por lo que, en este contexto la preservación de la madera adquiere una importancia aún mayor.
- ✓ Es importante relacionar el tema de esta investigación con sus implicaciones económicas, ya que en una economía de mercado resulta fundamental que cualquier proceso de tratamiento destinado a lograr una mayor durabilidad de los productos, que bien puede ser entendido como una mejora en su calidad se traduzca en un incremento en su precio, principalmente cuando se destina a los mercados internacionales ya que generará una mayor entrada de divisas. En este orden de ideas, los usos de la tecnología de la madera deben aspirar a hacer más eficientes los procesos productivos y, a la par, que sean sustentables en términos ecológicos.

9. Recomendaciones.

- ✓ El análisis de la preservación de la madera a lo largo de la historia demuestra que existieron diferentes métodos que probaron ser eficientes, ya que lograron una durabilidad que se remonta a varios Siglos, además de ser amigables con el medio ambiente. Con base en esa evidencia, resulta viable experimentar con algunos de dichos métodos para revisar si pueden ser rentables en la actualidad.
- ✓ De la revisión documental que se realizó para elaborar este trabajo se puede aseverar que existen muy pocos trabajos publicados sobre métodos innovadores sobre la preservación de la madera en nuestro país, situación que a todas luces es insostenible dado el potencial forestal que tiene México y que la destinación de recursos a la investigación sobre este tema podría traducirse en un detonante del desarrollo regional y en una explotación forestal más racional.
- ✓ El lugar que ocupa México entre los países de América Latina en cuanto a la importancia del sector forestal en la economía nacional, medido a través de su participación en el Producto Interno Bruto, demuestra que existe una ventana de oportunidad dado el potencial forestal con el que se cuenta, por lo que la inversión en este rubro puede resultar sumamente rentable en el corto plazo.
- ✓ El reto en un futuro es crear tecnología para la preservación de la madera que garantice la sustentabilidad, esto es, que sea respetuosa con el medio ambiente, por lo que aquí también resulta atractivo el recuperar algunas experiencias de preservación que se han utilizado a lo largo de la historia. En otras palabras, no sólo es necesario que los métodos de preservación sean eficientes en prolongar la vida útil de la madera durante muchos años, sino que también garanticen no ser tóxicos para los humanos, con otras especies animales y que no contaminen los ecosistemas en que sean utilizados.
- ✓ Otra de las medidas que se proponen y que se consideran que resultan urgentes, es la reorientación de la matrícula de las universidades públicas

de nuestro país dado que las carreras relacionadas con la tecnología en general y de la madera en particular resulta ser baja, comparativamente hablando, con relación a las carreras tradicionales en donde existe una sobredemanda de profesionistas que saturan el mercado laboral. En este sentido, es necesario crear incentivos para que estas carreras resulten atractivas a los ojos de los jóvenes mexicanos que cursan la educación media e incluso desde niveles escolares inferiores.

- ✓ Finalmente, es necesario fomentar la cultura de la preservación de la madera en la sociedad mexicana dado que es un tema poco conocido y se sugiere rescatar considerando los compromisos internacionales estipulados en diferentes tratados internacionales relacionados con el medio ambiente. Además de que como ya apuntamos, dado el potencial forestal de nuestro país cualquier inversión bien orientada puede ser redituable en el corto y mediano plazo.

Referencias

- AbdRazli. (2011). *History of wood preservation*. Disponible en: <<http://cw202.blogspot.mx/2011/06/history-of-wood-preservation.html>> [consulta: 9 de mayo 2016].
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2016, mayo 15). *Overview of Wood Preservative Chemicals*. Retrieved from <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/overview-wood-preservative-chemicals-0>
- Agency for toxic substances and diseaseregistry. (2013). *Division of toxicology and human healths Sciences*. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts51.html> [consulta: 9 de mayo de 2016].
- Alonso, A. (2001). Conservación de maderas arqueológicas húmedas:. *Conserva* , 35-45.
- Álvarez, G. (2011). La tecnología de la antigua Grecia. *Revista ClaseHistoria* , 56-64.
- Arias, A. (2006). *Todo por los árboles*. México: SEMARNAT.
- Asimov, I. (1985). *Historia de los egipcios*. Madrid: Ariel.
- Asimov, I. (1987). *Los griegos*. Barcelona: Ariel.
- Berge. (2009). *The Ecology of Building Materials. Second Edition*. Oxford UK: Elsevier Science Linacre House. Paginas:415.
- Caballero Bataller, A. (2016, agosto 5). *El restaurador.com*. Retrieved from <http://www.elrestaurador.com/tecnicas-de-restauracion/la-conservacion-de-la-madera-resena-historica>
- Calderón, A. (2016). *Preservación de maderas. Cuadernos de Dasonomía número 16*. Uruguay: Universidad de cuyo.
- Cartagena., J. d. *Manual del grupo Andino para la preservacion de maderas*. Paginas:II-1 a la II-5.
- Comisión Forestal para América Latina. (2012). *Situación del sector forestal en la región de América Latina*. Asunción: FAO.
- Comisión Nacional Forestal. (2015). *Economía Forestal en México*. México: Comisión Nacional Forestal.
- Cruz de León, J. (2010). *Manual para la protección contra el deterioro de la madera*. México: Conafor.

- EPA. (2012). *Ingredients used on pesticide products*. Disponible en:
<<https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/overview-wood-preservative-chemicals-0>> [consulta: 9 de mayo 2016].
- García, L. (1999). Historia de la tecnología de la madera. *Boletín de información técnica* , 24-28.
- Gy. Matolscy, M. N. (1988). *Pesticide Chemistry*. New York: Elsevier Science Publishing Co. Inc. Paginas: 61-65 .
- Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGrawHill.
- Herodoto. (2016). *Los nueve libros de la historia*. Rio de Janeiro: ebook brasil.
- Hobsbawm, E. (2005). *En torno a los orígenes de la revolución industrial*. México: Siglo XXI editores.
- IMCO. (2016). *Indice de Competitividad Internacional. Corrupción transamos y no avanzamos*. México: IMCO.
- Melendi, D. (2012). *El DDT*. Disponible en:
<<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DDT.htm>> [consulta: 9 de mayo de 2016].
- Montes. (2000). *Evolucion de la proteccion de la madera*. disponible en
<http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_3920_23069.pdf> [consulta: 9 de mayo 2016].
- Mucharaz, M. (2012). *El nogal técnica de producción del fruto y madera*. Madrid: Ediciones Mundi prensa.
- Nicholas. (1973). *Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatments*. Syracuse University Press. Paginas: 1-10.
- ONU. (1992). *Convención marco sobre cambio climático*. New York: ONU.
- Richardson. (1993). *Wood Preservation. Second Edition*. E&FnSpon paginas 105-150.
- Rodriguez Barreal, J. (1998). *Patología de la madera*. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Sheila. (2012). *Shou sigi ban*. <<http://www.sheilazellerinteriors.com/articles/shou-sugi-ban-im-in-love>>[consulta: 9 de mayo 2016].
- Stead, M. (1996). *La vida en el antiguo Egipto*. Barcelona: Akal.
- Swidersi, J. (1996). Importancia de la preservación de la madera en los países tropicales. *Unasylda* , 36-49.
- Tabaré, C. (2012). *Preservación de la madera. Tesis de Licenciatura*. Montevideo: Universidad de Montevideo.

The Creative Flux. (2010). *From shou sugi ban to acetilated wood*. Disponible en <<https://thecreativeflux.wordpress.com/2012/08/13/from-shou-sugi-ban-to-acetylated-wood-a-clean-green-future-in-wood-preservation/>> [consulta: 7 de abril 2016].

Unger, S. (2001). *Conservation of wood artifacts*. Springer. Paginas: 3-6, 561-562.

Vargas, J. (2011). *Conservación de la madera*. Perú: Grupo andino.