

INTRODUCCIÓN

La madera es un producto natural orgánico y de origen biológico cuyos efectos principales se manifiestan en la disminución de su vida útil en servicio, esta situación exige la investigación para identificar otras alternativas que permitan prolongar el uso de las diferentes especies forestales.

Por tanto, la técnica a desarrollar es la que se conoce como preservación de la madera, la misma que tiende a prolongar la vida útil de los productos maderables que durante la extracción está sujeta a ataques de los agentes destructores como insectos, hongos, bacterias y otros, los mismos que son denominados organismos xilófagos.

Ante la escasa información en nuestro medio ha motivado la realización del presente estudio, con la finalidad de orientar procedimientos que permitan ampliar la vida útil, en este caso mediante el uso de sal CCA (Cromo, Cobre y Arsenio), a través del método de inmersión prolongada.

Para este propósito se utilizó la madera de la especie *Eucalyptus grandis*, mediante la cual se demostrará penetración, absorción y retención del preservante, el mismo que servirá para utilizar en otras especies forestales de acuerdo a sus usos.

De esta manera se podrá observar la efectividad de la sustancia hidrosoluble mediante el método de inmersión prolongada, el cual es considerado como el más simple de los métodos tradicionales, aplicado no únicamente para madera aserrada sino también, para bolillos y postes, logrando de esta manera la absorción y retención sólida – líquida y la penetración lateral media en bolillos.

1. JUSTIFICACIÓN

Es importante determinar la absorción, retención sólida y líquida como así también, la penetración lateral media en bolillos de madera de la especie *Eucalyptus grandis*, mediante el tratamiento por inmersión prolongada, ya que con los resultados obtenidos se podrá conocer las bondades de la especie para aceptar el tratamiento identificado a una concentración del 3,5% de sal CCA (Cobre, Cromo y Arsénico).

Este estudio, se lo realizó debido a que no se cuenta con información sobre maderas tratadas en nuestro medio a través del tratamiento por inmersión prolongada a una concentración de 3,5%, el mismo que tiene por finalidad determinar el porcentaje de absorción en los bolillos con una clase diamétrica de 12,5 a 13,5 cm.

Por lo tanto, esta investigación brindará mayor información a las diferentes usuarios de la población, que se dedican a la actividad forestal.

1.1 HIPÓTESIS

- El tratamiento por inmersión prolongada a una concentración del 3.5% de sal CCA en la madera de la especie *Eucalyptus Grandis*, permitirá identificar el porcentaje de absorción y retención de preservante, que permita reducir el ataque de organismos xilófagos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Determinar la absorción, retención sólida - líquida y la penetración lateral media; mediante el tratamiento de inmersión prolongada a una concentración de 3,5% de sal CCA., en bolillos de madera de la especie *Eucaliptus grandis*, de la comunidad El Limal, provincia Arce, departamento de Tarija.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la absorción sólida - líquida y la penetración lateral media en bolillos de *Eucalipto grandis*, mediante el tratamiento de inmersión prolongada.
- Determinar la retención sólida y líquida según el tratamiento de inmersión prolongada utilizando la Sal CCA a una concentración del 3,5%.

CAPÍTULO II

REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 Partes del Árbol

- **Copa:** Es el conjunto de ramas y hojas que forman la parte superior del árbol.
- **Tronco o Fuste:** Se encuentra entre la copa y las raíces. Está constituido por millones de células leñosas como las fibras, radios y vasos.
- **Raíz:** Es La parte inferior del árbol que penetra en el suelo, cuya función es absorber agua y nutrientes minerales y fijar la planta al suelo.

2.2 Partes de un Tronco

La madera es el conjunto de células que conforman el tejido leñoso, en ella se pueden distinguir tres partes:

- **La Médula:** Se encuentra ubicada generalmente en la parte central del tronco. Está constituida por células débiles o muertas, a veces de consistencia corchosa. Su diámetro varía entre menos de un milímetro, hasta más de un centímetro, según la especie y cumple la función de llevar las sustancias muertas.
- **El Duramen:** Parte del leño, normalmente oscuro, denso y más resistente que la abura al ataque de los insectos y que ha perdido funciones conductoras.
- **La Albura:** Es la zona de coloración más clara, conformada por células jóvenes. Presenta menor resistencia a los ataques biológicos. La albura es más abundante, cuanto más joven es el árbol. (República Bolivariana de Venezuela, Colegio Universitario Monseñor de Talavera 1995).

2.3 La Madera

La madera es un material duro y resistente que se produce mediante la transformación del árbol. Es un recurso forestal disponible que se ha utilizado durante mucho tiempo como material de construcción. La madera es uno de los elementos constructivos más antiguos, que el hombre ha utilizado para la construcción de sus viviendas y otras edificaciones, pero para lograr un resultado excelente en su trabajabilidad hay que tener presente ciertos aspectos relacionados con la forma de corte, curado y secado.

La madera es porosa, combustible, higroscópica y deformable por los cambios de la humedad ambiente, sufre alteraciones químicas por efectos del sol, vulnerables por mohos, insectos y otros seres vivos. Es un material delicado, aunque hoy en día existen tratamientos muy eficaces para disminuir las desventajas nombradas anteriormente.

2.4 Clasificación de las Maderas

A nivel comercial, constructivo y estructural, las maderas se clasifican en dos grandes grupos: maderas duras y maderas blandas.

2.4.1 Maderas Duras

Se obtienen de los árboles que pierden las hojas en otoño (caducifolias). De toda esta gran variedad de árboles, sólo 200 existen en cantidad suficiente y son lo bastante flexibles para la carpintería. Las maderas duras tienen poros microscópicos en la superficie. El tamaño de estos poros es lo que determina el dibujo de la veta y la textura. Debido a estas características, las maderas duras se clasifican según la apertura del poro en: maderas de poros cerrados (poros pequeños), entre las cuales las

más usadas son el cerezo y el arce, y maderas de poros circulares (poros más grandes), entre las cuales se tiene al roble, fresno, álamo y otras.

2.4.2 Maderas Blandas

Se obtiene de los árboles de hoja perenne (coníferas). En carpintería sólo se usa el 25 % de todas las maderas blandas. Todas las maderas blandas tienen poros cerrados (poros pequeños) que apenas se perciben en el producto acabado. Las maderas blandas más usadas son el pino, píceas y otras.

2.5 El Estado del agua en la Madera

2.5.1 Agua Libre

Está presente en las cavidades celulares del lumen y los elementos vasculares, dando a la madera lo que comúnmente se denomina “condición verde” y, al iniciarse el secado, el agua libre de los poros se va perdiendo fácilmente por evaporación ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo.

En este porcentaje de humedad, la madera llega al punto de saturación de las fibras (p.s.f) el mismo que fluctúa entre 25 - 35 %. A partir de esta condición, se producen modificaciones en las propiedades físicas - mecánicas, eléctricas, de secado y trabajabilidad de la madera.

2.5.2 Agua de Saturación o Higroscópica

Se encuentra presente en las paredes celulares y se la conoce también como: agua de imbibición o agua absorbida, la eliminación de esta agua ocurre con mayor lentitud,

hasta lograr su estado de equilibrio higroscópico (12-18 %) de humedad, dependiendo el lugar donde se realice el secado.

Fuente: D. Cruz Días 2006.

2.5.3 Agua de Constitución

Constituye parte de la materia celular de la madera que no puede ser eliminada utilizando las técnicas comunes de secado, su eliminación implicaría la destrucción de la madera.

2.6 Durabilidad de la madera

La madera, como todo material orgánico está sujeta a la destrucción por diversos agentes, influidos éstos a su vez por numerosos factores de variada índole (ver cuadro N° 1). La durabilidad natural de la madera es la resistencia que opone este material a los diversos agentes destructores; la madera tiene la propiedad de permanecer, física y químicamente sana, o con sus características originales. La presencia de un organismo extraño en la madera, en todos los casos le produce un deterioro que puede influir en mayor o menor grado en su vida de servicio.

Además de esos agentes de descomposición, existen otros factores de origen físico y químico (acción de agentes climáticos, fuego), que también ocasionan alteraciones, muchas veces profundas, en los tejidos leñosos, que determinan la inutilización de las piezas afectadas. La madera varía enormemente en su resistencia natural al ataque de insectos, pudrición y otros daños por ataques de hongos y se clasifican de acuerdo a los años de resistencia como se observa en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 1

Clasificación de las Maderas según su Durabilidad Natural en el Contacto Directo con el Suelo.

Grado	Altamente Resistente	Resistente	Moderadamente resistente	Muy poco resistente	No resistente
Tiempo (años)	25	15 – 25	10 – 15	5 – 10	5
Pérdida de peso en ensayos de laboratorio (%)	0 – 1	1 – 5	5 – 10	10 – 30	30

(W.P.K. FINDLAY 1962).

2.7 Factores que afectan la calidad de la Madera

La madera, como un material proveniente de seres vivos que son los árboles, contiene desde su origen una gran cantidad de agua en su interior. Cuando se pone a secar, la madera pierde una elevada cantidad de agua más no toda, ya que como materia prima se comporta como un material "higroscópico", esto es, que tiene la propiedad de ceder o ganar humedad en intercambio con la humedad existente en el medio ambiente que la rodea, hasta alcanzar un estado de equilibrio entre el valor de la humedad relativa del aire y el contenido de humedad de la madera. Esta propiedad (higroscópica), hace que la madera en condiciones normales de uso siempre contenga una cierta cantidad de agua (agua de constitución) en las paredes de las células que la conforman pero además y lo más importante, es que la variación de esa cantidad de agua tiene grandes implicaciones en las demás propiedades como es su resistencia mecánica, su aptitud para el trabajo con máquinas y herramientas, su aptitud para

recibir acabados y adhesivos, el poder calorífico que puede generar, su resistencia al ataque de hongos cromógenos (manchadores) y xilófagos (de pudrición), su aptitud para la impregnación, en el peso y, sobre todo, en los cambios dimensionales que sufre la madera a consecuencia precisamente de la variación en su contenido de humedad.

En sí, el contenido de humedad (CH), es la cantidad de agua que existe en una pieza de madera, expresada como un porcentaje del peso que tendría ésta en condición totalmente anhidra. (Luis A. Novoa Robles. 2006).

$$CH = \frac{P_h - P_o}{P_o} \times 100$$

CH = Contenido de Humedad en %

P_h = Peso húmedo en gr.

P_o = Peso anhidro en gr

2.7.1 Problemas de manchado

Cuando la madera se mantiene a altos contenidos de humedad se desarrollarán los hongos que manchan la madera en tonalidades grisáceas, verdes o azules, depreciando la madera y limitando su utilización para muebles en acabado natural, o en todo caso obligando a entintar la madera para ocultar la mancha elevando costos de producción.

2.7.2 Grietas y rajaduras

Cuando las contracciones por la pérdida de humedad en la madera son intensas, los esfuerzos de tensión que en ella se producen tienden también a provocar la separación de las fibras, lo que se conoce como grieta y/o rajadura, la calidad del mueble y fracturando el acabado.

2.7.3 Principales causas de degradación de la madera

Los agentes biológicos atacan a la madera porque ésta constituye su fuente de alimento o una vía para conseguir el mismo, ya que no todas las maderas se comportan en forma similar frente a estos agentes. Algunas especies producen materiales llamados extractivos que le dan cierto nivel de resistencia frente al ataque de hongos e insectos, estos pueden ser: aceites esenciales, resinas y taninos, compuestos fenólicos, entre otros, que se acumulan en el duramen, y que no se presentan en la albura porque almacenan azúcares y almidones que son apetecidos por ciertos hongos e insectos xilófagos. Por esta razón la albura es susceptible al ataque de estos agentes.

La acción de diferentes preservantes y sus mecanismos de aplicación, no podrían ser plenamente entendidos sin un conocimiento básico de los procesos de deterioro en la madera. Las bacterias no constituyen un peligro importante en la destrucción de la madera; sin embargo, se ha comprobado que existen relaciones con los ascomicetes, que causan cierto tipo de pudrición o mancha. El bacillus polymixa es una bacteria capaz de atacar a la madera sumergida en el agua dulce, pero esta degradación es poco significativa. Asimismo, los insectos se encuentran entre los principales agentes capaces de atacar a la madera. Entre ellos tenemos a los coleópteros (escarabajos), que con las termitas o “comejenes”, hormigas y avispas carpinteras. Los perforadores marinos atacan todo tipo de madera que se encuentra sumergida en agua de mar.

(Luis A. Novoa Robles 2006).

2.7.4 Composición química de la madera

En la composición química básica de la madera se consideran los componentes estructurales que constituyen la pared celular, y los componentes ocasionales contenidos en los lúmenes y espacios intersticiales. El crecimiento estructural y las

propiedades naturales de la madera surgen de la organización y la composición química de las paredes de las células. (Luis A. Novoa Robles. 2006).

2.8 Madera de Eucalipto

- Sustancias Orgánicas
- No estructurales
- Estructurales
- Sustancias de baja masa molar
- Sustancias de alta masa molar macromoléculas
- Polisacáridos
- Holocelulosa
- Celulosa Poliosas
- Sustancias Inorgánicas
- Lignina
- Sustancias Extraíbles

2.8.1 Celulosa

La celulosa es un homopolisacárido cuya fórmula química general corresponde a $(C_6H_{10}O_5)_n$. Es el principal componente de la pared celular en gran parte de la planta, la sustancia más importante producida por este organismo vivo y representa entre un 42 a 46% en peso en madera de coníferas y entre un 43 a un 50% en madera de latifoliadas.

2.8.2 Las poliosas o hemicelulosas

Esta clase de heteropolisacáridos están en las paredes de las células, tiene una gran influencia en las propiedades físicas de la madera. Su presencia porcentual en las coníferas es de un 25 a un 30%, y de un 20 a 35% en las latifoliadas.

El tipo y contenido de hemicelulosas presentes en la madera varía con la especie, la edad, y parte del árbol, y en muchas especies su regularidad está relacionada con criterios taxonómicos. Las hemicelulosas de las coníferas no son las mismas que las latifoliadas, siendo las coníferas más complejas. (Geraldine Lorena Barahona Olmos 2005).

2.8.3 Lignina

La lignina es una macromolécula con un elevado peso molecular, presente en un 25 a 31% en la madera de coníferas, la cual cumple la función de: rigidez de la pared celular, une las células unas con otras, reduce la permeabilidad de la pared celular, protege la madera contra microorganismos y en un 17 a 26% en la madera de latifoliadas.

2.8.4 Extraíbles

Los extraíbles representan un gran número de componentes orgánicos. El grupo más importante en términos de cantidad son los polifenoles y las resinas. Los polifenoles están presentes en angiospermas y gimnospermas, e incluyen a un gran número de componentes químicos orgánicos, entre estos los taninos. Estos materiales orgánicos están presentes en formas mezcladas.

Los extraíbles pueden estar infiltrados completamente dentro de las paredes de las células, depositados en la superficie o tapando los lúmenes celulares, particularmente del duramen. En la madera se encuentran en proporciones muy bajas, que varían de 0,4 a 5,6% según la especie, aunque existen excepciones. Por ejemplo, se han reportado valores de entre un 20 a 25% de taninos en madera de quebracho.

2.8.5 Agentes Destruedores Bióticos

Lo componen organismos vivos (insectos xilófagos y hongos) que en la madera encuentran su lugar de vida y fuente de nutrición para su desarrollo, mediante la asimilación de los Hidratos de Carbono que posee la Celulosa y la Lignina que consumen.

2.8.6 Hongos

La constitución de los hongos es relativamente simple, el cuerpo fructífero se conforma de célula individuales llamadas hifas, células muy finas, con un diámetro de aproximadamente 2u.m., son microscópicas que poseen ramificaciones y paredes transparentes conformadas por quitina. El micelio, mediante la secreción de enzimas se encarga de suministrar alimento a los hongos, por lo tanto, las hifas como el micelio son los verdaderos destructores de la madera.

Los hongos se desarrollan mediante las esporas que son las responsables de su propagación, y se producen dentro de los cuerpos fructíferos que dan lugar a los principales grupos: Agaricales y Polyporales.

Existen muchas variedades de hongos que utilizan a la madera como fuente de alimentación y los daños producidos por estos organismos pueden originarse incluso cuando un árbol está en pie. Sin embargo, sus altos contenidos de humedad los protege del ataque de hongos e insectos, pero cuando el árbol es derribado, comienza la pérdida del contenido de humedad en sus tejidos; entonces las esporas de los hongos, que circulan en el medio, encuentran el sustrato apropiado para su germinación y su posterior penetración en el tejido leñoso. Las preferencias alimenticias de los hongos son muy variadas, mientras unos desintegran las paredes celulares causando pudriciones, otros se alimentan de azúcares y almidones que forman parte del contenido celular y originan cambios de coloración en la madera.

Los hongos inferiores, llamados también saprofitos, son incapaces de producir por si solos su alimento y la característica más importante es que crecen por micelio y se reproducen mediante esporas. (Rosa Beatriz Vaca Rojas Abril 1988).

2.8.7 Hongos cromógenos

Los hongos cromógenos son los que producen manchas en la superficie de la madera, siendo uno de los más comunes la mancha azul; se presentan en madera almacenada, aserrada y en trozas; esta coloración no puede ser eliminada, desvalorizando el material para algunos usos.

Se alimentan de sustancias de reserva en las células parenquimáticas de la albura, las hifas penetran a través de los radios leñosos mediante presión mecánica del extremo de las hifas, sin secreción de ectoenzimas que producen la lisis de la pared celular, por esta razón estos hongos no alteran las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

2.8.8 Mohos

Son hongos que desarrollan su micelio en la superficie de la madera, penetrando las hifas en el interior a poca profundidad y ocasionando coloraciones o manchas, las cuales, junto con una pelusa blanquecina, pueden eliminarse mediante un cepillado leve. Se alimentan de sustancias de reserva depositadas en el interior de las células parenquimáticas de la albura, no dañando las paredes celulares, por lo que no alteran las propiedades mecánicas de la madera afectada.

Para el desarrollo de estos organismos, es necesaria la existencia de ciertos factores indispensables para su actividad fisiológica, como son:

- **Humedad.**- Factor de gran importancia para la germinación, actividad enzimática, absorción y el transporte de sustancias; se desarrollan entre 30 - 50%
- **Temperatura.**- Los hongos necesitan de una temperatura moderada para llevar a cabo su actividad vital, encontrándose dicha temperatura entre 20 a 40°C, finalizando toda actividad por debajo de los 3°C.
- **Oxígeno.**- Los hongos pertenecen al grupo de organismos aerobios y su respiración es posible cuando existe oxígeno en el ambiente en el cual se encuentran.
- **Medida de acidez o alcalinidad de una disolución (pH).**- La germinación de las esporas y el crecimiento del micelio dependen en gran parte del valor del pH, las maderas presentan un valor cercano a 5 y se sabe que los valores óptimos para el desarrollo de los hongos están entre 5 y 6, es decir en un medio ligeramente ácido.
- **Alimento.**- La madera constituye el alimento de los hongos, y en la mayoría de los casos, no pueden alimentarse directamente de ella, sin embargo lo hacen mediante la acción de enzimas que ellos mismos segregan, descomponiéndola en sustancias más simples y fácilmente asimilables(A. Borja Dela Rosa Martitegui 2005).

2.9 Insectos xilófagos más comunes

2.9.1 Orden Coleópteros

Familia Anóbidos

Son insectos pequeños que se alimentan de la celulosa, atacan maderas de coníferas y latifoliadas en estado seco, sus daños más importantes los producen en vigas, pilares, muebles y otras piezas de madera.

Las larvas construyen por lo general galerías en dirección de las fibras, dejando una capa externa sin destruir, que dificulta la intensidad e importancia de los daños a simple vista.

Familia Líctidos

Son insectos de menor tamaño y se alimentan de sustancias de reserva de la madera, principalmente del almidón que se encuentra almacenado en la albura. Prefieren a la madera de las latifoliadas y se les reconoce por el fino aserrín de sus galerías.

Su ciclo biológico suele durar un año, de los huevos nacen pequeñas larvas que avanzan por los vasos en busca de almidón; estos escarabajos, llamados también polillas o barrenos, son del género *lyctus*. (Luis A. Novoa, Minnelli A. Bernuy)

Familia Cerambícidos

Comprenden insectos de mediano y gran tamaño, se les reconoce por sus largas antenas; su alimento son las sustancias de reserva contenidas en latifoliadas y coníferas, atacan la albura, y algunas veces el duramen, pudiéndolos identificar y localizar por las galerías que elaboran en sentido de los anillos de crecimiento.

Los adultos son de forma aplastada y salen de la madera por orificios elípticos. Existen dos especies importantes: *Hilotrupes bajulus* (taladro de la madera de pino) y *Phoracantha semipunctata*. (Taladro del eucalipto).

Familia Escolítidos

Son insectos pequeños, de cuerpo endurecido y de tonalidades tenues, que pueden ser de color negro, pardo o castaño, y de forma cilíndrica, siendo sus larvas ligeramente curvadas; desarrollan hábitos alimenticios variables, por lo que se les divide en dos grupos:

- Los que se alimentan de la madera o corteza, generalmente realizan un sistema de galerías por debajo de la corteza en árboles debilitados, la característica es la existencia de especies que son portadoras de hongos como la mancha azul.
- El otro grupo son los insectos "*Pin ole borers*" o "*Ambrosia bethes*", los cuales perforan profundamente los árboles debilitados y troncos recién apeados, construyendo túneles largos y rectos, no se alimentan de madera, sino que lo hacen de un hongo conocido como "ambrosía", que cultivan tanto para alimentarse ellos como sus larvas. La hembra deposita sus huevos en galerías y durante la incubación cubren las paredes de los túneles con el hongo ambrosía.
El ataque puede continuar mientras las condiciones de la madera sean adecuadas para el crecimiento del hongo, por lo que el daño generalmente ocurre en los meses de verano.

2.9.2 Orden Isópteros

Son insectos que habitan en zonas tropicales, realizan la función de desintegración de la madera y de otros materiales celulósicos, generalmente se alimentan de madera aserrada utilizada en construcción; no solo malogran el aspecto estructural, sino modifican significativamente su resistencia mecánica. De acuerdo a su exigencia y hábitos se dividen en tres grupos:

Termitas de madera seca

Estos insectos no requieren de suministros especiales de agua, abren sus galerías y aprovechan las grietas existentes donde inician su actividad formando colonias. Son de color pálido cremoso y se las conocen como hormigas blancas, siendo el macho el único que presenta alas.

Debido a que las galerías se orientan siempre paralelas a las fibras, es difícil detectar el ataque en forma temprana. Generalmente se puede determinar el ataque cuando la pieza se encuentra bastante destruida interiormente, notándose solamente la presencia

de pequeños orificios circulares abiertos para expeler los excrementos de las galerías hacia el exterior y permitir la salida de los adultos alados.

Generalmente habitan en el suelo con galerías dispuestas parcialmente, las colonias están situadas por partes en el suelo, su actividad se desarrolla casi exclusivamente en la madera por encima del suelo y los géneros más importantes son: *Cryptotermes* y *Heterotermes*.

Termitas de madera verde

Estos organismos se alimentan de madera húmeda y, por lo general, realizan su ataque cuando ésta se encuentra como trozas; las colonias son pequeñas y muchas veces no tienen obreras y las ninfas son las que realizan las tareas. Pertenecen a este grupo las especies *Kalotermitidae* con colonias difusas.

Termitas subterráneas

Estos insectos habitan en la tierra y a través de galerías logran alcanzar la madera, la cual es fuente de su alimentación. Son individuos que atacan edificaciones, puentes, construcciones de madera, cubiertas y pisos. La existencia de madera masticada en las estructuras es muestra evidente del ataque de termitas subterráneas. (Luis A. Novoa Robles 2006).

Perforadores marinos

Constituyen el tercer grupo de enemigos de la madera, destruyéndola en astilleros, embarcaciones, muelles, otras estructuras, fijas y flotantes, establecidas en el mar, revisten mucha importancia tropicales y subtropicales donde se encuentran todas las especies capaces de atacar a la maderas; entre estos perforadores marinos se ubican taxonómicamente dos grupos: Moluscos y Crustáceos.

2.9.3 Pudrición

Referida a la degradación de la madera en sus componentes químicos. La madera está conformada fundamentalmente por lignina y celulosa, sustancias muy apetecibles para los hongos de pudrición.

2.9.3.1 Pudrición Blanca

Estos tipos de hongos descomponen todos los elementos de la pared celular, entre ellos la lignina, mediante la acción de sus ectoenzimas, la madera afectada pierde su color característico, se vuelve fibrosa y se rompe con facilidad. La lignina se encuentra como material de incrustación en la lámina media y paredes celulares de la madera, por tratarse de un proceso de oxidación y no de hidrólisis, los hongos que degradan lignina deben poseer enzimas catacolasas o difenil oxidasas. Los componen organismos vivos (*insectos xilófagos* y *hongos*) que en la madera encuentran su lugar de vida y fuente de nutrición para su desarrollo, mediante la asimilación de los Hidratos de Carbono que posee la Celulosa y la Lignina que consumen.

2.9.3.2 Pudrición Marrón o Parda

La madera que presenta este tipo de pudrición tiene una apariencia resquebrajada en sentido transversal a la fibra, se la conoce también como pudrición cúbica o rómbica, pierde peso afectando sus propiedades físico - mecánicas. Este tipo de pudrición se caracteriza por la degradación de la celulosa a través de una acción enzimática, es un proceso complicado, la cadena de celulosa formada por unidades B-D glucosas que es el monómero que se halla unido por enlaces glucosídicos B.

2.10 Efectos del ataque del hongo de pudrición sobre las propiedades de la Madera

Estos hongos al desarrollarse pueden producir alteraciones importantes en las características físicas y químicas de la madera infectada, dependiendo de la intensidad de la pudrición y de efectos específicos de los microorganismos.

Los efectos de estos organismos sobre la madera son:

- Alteraciones de la composición química.
- Disminución de peso.
- Reducción de la resistencia.
- Modificación del color natural.
- Reducción de la capacidad acústica.
- Incremento de inflamabilidad.
- Disminución del poder calorífico.
- Confiere mayor susceptibilidad al ataque de ciertos insectos.

Lo componen organismos vivos (insectos xilófagos y hongos) que en la madera encuentran su lugar de vida y fuente de nutrición para su desarrollo, mediante la asimilación de los Hidratos de Carbono que posee la Celulosa y la Lignina que consumen.

2.11 Clasificación de los preservantes

2.11.1 Selección del Tipo de Protección

El tipo de protección requerido vendrá definido por la clase de riesgo en que se encuentra el elemento de madera. El tipo de protección se define en función de la penetración alcanzada por el protector en la madera y por la cantidad de producto que se introduce dentro de la misma, que dependen del producto protector y del método de tratamiento utilizado. La penetración hace referencia a la profundidad mínima

hasta la que se introducen las materias activas del producto protector; mientras que la retención hace referencia a la cantidad de producto protector prescrita en la zona de análisis (parte de la madera tratada que es analizada para evaluar el requisito de retención). Se tienen diversas formas de clasificar a los preservantes, por su origen o uso. (R. Machuca Velasco, M. Fuentes Salinas 2006).

2.11.1.1 Creosota

La creosota se obtiene de la destilación de alquitrán de hulla, producido por carbonización a temperatura elevada de la hulla bituminosa; es una mezcla extraordinariamente compleja que contiene sustancias neutras, ácidas y alcalinas, la separación industrial de los componentes de alquitrán se hace por medios químicos, entre estas sustancias tenemos a los hidrocarburos aromáticos que componen el grupo mayoritario (80-90 %), otros como el antraceno, naftaleno, benceno xileno; la fracción ácida que es 5% de la creosota total constituida por fenoles también el 5% de la creosota, constituida por peridinas, quinolinas y acridinas.

Las características de la creosota son: Insolubles en el agua, alta toxicidad contra hongos e insectos, de buena permanencia, no tiene acción corrosiva con los metales, de olor fuerte y penetrante, no aconsejable para interiores de viviendas, la madera preservada no puede ser pintada ni barnizada, queda muy sucia y produce irritación en la piel, debido a su compleja composición, es muy difícil trabajar con un producto homogéneo.

En este grupo se encuentra una variedad de sustancias, que se ha ido desarrollando recientemente, tomando en cuenta que su característica principal de ser solubles en solventes oleosos derivados del petróleo. La eficiencia de estos productos químicos puede variar en función a las concentraciones y solventes. R. Machuca Velasco, M. Fuentes Salinas 2006.

2.11.1.2 Productos orgánicos

Naftenatos

Son sustancias provenientes de la combinación de ácidos nafténicos; obtenidos como subproductos en la refinación de petróleo y sales de elementos metálicos, como el cobre y el zinc. Los naftenatos son compuestos cerosos o gomosos no cristalinos y solubles en aceite. El naftenato de cobre es el más generalizado en la preservación de maderas, de color verde oscuro y olor desagradable, de gran toxicidad para hongos. En su preparación y aplicación se utilizan soluciones al 5%, donde el cobre metálico se encuentra al 0.5%, la madera tratada con esta sustancia no es fácil de pintar pues el color verde oscuro exuda a través de la pintura. (Martitegui, Ignacio Bobadilla Maldonado y Francisco García Fernando Peraza Sánchez, Francisco Arriaga 1985).

Pentaclorofenol

El pentaclorofenol es un compuesto químico cristalino formado por reacción de cloro sobre el fenol (C_6Cl_5OH). Se fabricó a escala industrial con el nombre abreviado de penta; es el más tóxico y empleado dentro de los preservantes orgánicos óleo solubles, resulta eficaz para hongos e insectos pero ineficaz contra los perforadores marinos.

Para su empleo como preservador, se disuelve en aceite y su aplicación puede ser inmediata y contiene el 5% de producto activo, el penta como sustancia química, es un producto escamoso granulado de color parduzco, insoluble en agua. Su punto de solidificación es de 174 °C como mínimo y la máxima cantidad de insolubles en álcali es de 1%, es ligeramente ácido y reacciona con los álcalis fuertes de sodio y potasio para formar sales solubles en agua; se utiliza para combatir a la mancha azul de la madera, puede ser descompuesto por los agentes oxidantes fuertes, como el ácido nítrico, con el que forma el tetracloro - quinona o clorametil. Entre las

principales características del penta se encuentra su baja volatilidad y gran estabilidad química.

Óxido Tributil Estanoso

Es un producto de alto poder fungicida e insecticida, se fija bien en la madera, es incoloro e insoluble en agua y es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos.

Este preservante tiene una afinidad natural por los materiales celulósicos, por lo que controla muy bien a los hongos que son causantes de la pudrición parda en la madera; presenta la característica de no ser fácilmente lixiviable. (R. Machuca Velasco, M. Fuentes Salinas 2006).

2.11.1.3 Productos Inorgánicos

A este grupo corresponde una serie de sustancias o mezclas químicas que se emplean utilizando el agua como solvente, tienen gran poder fungicida e insecticida, son buenos fijadores, reducen la acidez y el efecto corrosivo, no son fitotóxicos, carecen de olor y no son inflamables. Algunos preservantes de este grupo se fijan muy bien en la madera, siendo muy resistentes a la lixiviación, permiten un buen acabado en la madera. La desventaja es que hinchán a la madera recién impregnada y obliga, en algunos casos, a secar nuevamente a una temperatura máxima de 60 °C, porque se corre el riesgo de la descomposición del preservante (sulfato de cobre).

Sulfato de Cobre

Este preservante ha sido utilizado para el tratamiento de postes de alambrado y de sostén de los espaldares de viñas. Utilizado desde el año 1767 en Francia y patentado por M. BOUCHERIE, tiene un gran poder fungicida y costo reducido, las desventajas son: es corrosivo al acero, y permanece soluble dentro de la madera, por lo que es propenso a ser eliminado por lixiviación durante su puesta en servicio, disminuyendo

sus propiedades de protección, su dosificación corriente es al 5% de concentración en agua y los tratamientos de impregnación recomendados son el de ascensión y Boucherie con sus modificaciones.

2.11.1.4 Sales Múltiples

Las sales preservantes tienen en su composición un elemento fungicida, como el cobre, y un insecticida, como el arsénico o el boro; además se incluye un fijador como el cromo, las principales características de estas sales son su alta resistencia a la lixiviación, especialmente en maderas de coníferas, y una buena fijación de los principios activos; asimismo, se debe tener precaución para su manipulación.

Para una protección efectiva en la madera es necesario conocer el uso que se le va a dar, y la única base objetiva para comparar la toxicidad de las sales preservadoras, es la cantidad de sustancias tóxicas inyectadas en la madera tratada. Entre las principales sales múltiples utilizadas tenemos:

Arsénico - Cobre - Amoniacales (A.C.A.)

Está formada por cobre en forma de óxido cúprico (CuO) y arsénico, en forma de óxido arsénico, deben ser disueltos en amoníaco, a las dos o tres semanas de tratada la madera, se evapora el amoníaco que solubiliza a la materia activa en agua y los precipitados de cobre y arsénico, que se fijan definitivamente en la madera.

Cobre – Cromo – Arsénico (CCA)

Son los preservantes más ampliamente usados en el ámbito mundial, debido a su gran capacidad de fijación en la madera, a la facilidad de aplicación y efectividad.

La durabilidad de la madera tratada con CCA supera los 20 años, dependiendo de su uso y de la cantidad de preservante impregnada. La mayoría de postes tratados con CCA para el tendido eléctrico y telefónico, instalados en zonas de alta humedad y temperatura en U.S.A., han cumplido más de 50 años de uso sin necesidad de ser reemplazados.

El nombre CCA proviene de los componentes químicos que son el COBRE, que impide el ataque de hongos y bacterias; el CROMO, que es el elemento responsable de la fijación definitiva del preservante en la madera, y el ARSÉNICO, que protege la madera de los insectos.

La sal CCA es un químico comercial usado por muchos años, para tratar la madera con presión y/o vacío, y protegerla del ataque de hongos de pudrición y de insectos. La madera tratada con CCA es comúnmente vendida como “madera inmunizada verde” y es la de uso más generalizado en países como Colombia y Estados Unidos de América (USA).

El Cromo, Cobre y Arsénico son ligados a la madera a través de reacciones químicas, por un porcentaje, de ellos gradualmente salen y se filtra en la madera. El arsénico se puede salir de la madera tratada, dejando residuos del químico en la superficie de la madera y en la tierra a los alrededores además es cancerígeno. El arsénico puede entrar a sus cuerpos, si los niños llegan a meter las manos dentro de la boca, o si comen o beben sin primero lavarse las manos. Cabe anotar que este producto químico se va acumulando en el cuerpo humano. Gracias al reconocimiento de los riesgos a la salud debido al arsénico, la Agencia de Protección del Medio Ambiente de USA - EPA (Environmental Protection Agency), anunció que a partir del 31 de diciembre, 2003, que el arsénico no se podrá usar en la madera para proyectos del jardín, cercas residenciales, pasarelas, pasillos entablados, y juegos para niños. Sin embargo, los niños seguirán teniendo contacto con madera tratado con CCA en el futuro.

La división de Salud Pública de la EPA ofrece las siguientes recomendaciones para proteger a los niños, mascotas, y otros de la posibilidad de ser expuesto al arsénico:

- No usar pedazos de madera tratado con CCA (color verde).
- La madera tratada no se debe colocar donde pueda tener contacto directo o indirecto con agua para beber.
- No se debe pulir y/o lijar las estructuras hechas de CCA, ni se debe limpiar de una manera muy abrasiva estas estructuras.
- No se debe usar madera tratada con CCA para construir mesas de picnic, botes de basura, áreas para sembrar flores, ni se debe sembrar verduras alimenticias cerca de madera tratada con CCA.
- No se puede quemar madera tratada con CCA, ya que los químicos tóxicos pueden emitirse en el humo y concentrarse en la ceniza.
- Cortar la madera tratada con CCA afuera y usar una máscara de polvo, gafas, y guantes. Recoger todo el aserrín, pedazos de madera, y todos los escombros y desecharlos en la basura.

Luego de trabajar con madera tratada con CCA, lavar bien la piel expuesta, especialmente las manos, con agua y jabón antes de comer y beber. Limpiar la ropa de trabajo por separado de la demás ropa de la casa, antes de usarla otra vez. (Luis A. Novoa Robles 2006).

2.12 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS

Son los métodos de tratamiento utilizados industrialmente para introducir los protectores en la madera, con la finalidad de conseguir penetraciones adsorciones y retenciones de los preservantes requeridos en cada caso.

Se clasifican en:

1. Tratamiento sin presión:

- Pincelado.
- Pulverización.
- Inmersión breve.
- Inmersión prolongada.
- Inmersión caliente fría.
- Difusión.
- Osmosis.
- Ascensión simple.
- Ascensión doble.

2. Tratamientos con presión o con vacío, o ambos a la vez.-

- Sistema Ruping.
- Sistema Lowry.
- Sistema Bethll.
- Sistema vac-vac (vacío- vacío).-
 - Sistema con gas de petróleo licuado.
 - Sistema con cloruro de metilo.
 - Sistema de presión oscilante o altenada.
 - Sistema de alta presión.
 - Boucherie convencional por succión y por presión.

2.12.1 Inmersión Prolongada

Se desea lograr una mayor penetración y adsorción del protector en la madera, se puede mantener horas o días dentro del recipiente del tratamiento, la inmersión se llama prolongada. Sin embargo, tampoco esto garantiza un buen tratamiento en la madera proveniente de especies con diferentes densidades, el comportamiento al tratamiento es diferente. En las maderas blandas de baja densidad como palo Borracho, Balsa, se producen una mayor adsorción y penetración pero esto disminuye a medida que aumenta la densidad incluso de tener penetraciones nulas para madera como: Quebracho, Urundel, Quina colorada, etc.

Este procedimiento proporciona buenas retenciones con penetraciones poco profundas y es útil para el tratamiento de piezas para marcos de puertas, ventanas, etc.

2.12.2 Absorción Líquida (AL)

Existen dos tendencias para determinar las absorciones, unos trabajan con el volumen de la muestra y otros trabajan con la superficie de la muestra que ofrece al tratamiento, donde K_1 , K_2 son los pesos antes y después del tratamiento en Kg.

2.12.3 Absorción Sólida (AS)

Si llamamos C a la cantidad del soluto presente en la solución tenemos que la adsorción sólida es la concentración multiplicada por la adsorción líquida donde se divide entre cien, donde también nos da en Kg.

2.12.4 Penetración Lateral Media (PLM)

La penetración lateral media en piezas circulares se ve la sección transversal al radio total donde el radio es la superficie sin impregnar, donde podemos sacar mediante un planímetro cuanto ha penetrado por los laterales. (D. Cruz Días 2006).

2.12.5 Retención

El grado de protección de la madera tratada con el tiempo también llega a fallar, el sistema de tratamiento y tipo de protector empleado, viene fijando al comparar las penetraciones y retenciones obtenidas en ese tiempo, sistema y producto, con las penetraciones y retenciones que deben quedar incorporadas la madera para que no sea destruida una vez puesta en servicio.

Las retenciones no deben ser confundidas con las adsorciones, especialmente si están bien dadas, como suelen hacerse, en Kg de producto líquido y sólido adsorbido por metro cúbico de volumen total de la pieza impregnada.

Mientras las primeras definen el grado de protección, las adsorciones expresan como ya se ha indicado, el grado de producto que hay que realizar para impregnar el metro cúbico de la pieza de madera.

2.12.5.1 Retención Sólida

Es la cantidad de producto químico introducido por unidad de volumen realmente impregnado. Algunos autores utilizan el volumen total de la muestra ensayada.

2.12.5.2 Retención Líquida

Es la cantidad de solución o líquido que se ha introducido por unidad de volumen realmente impregnada. (D. Cruz Días 2006).

2.13 *EUCALIPTO GRANDIS*

Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Myrtales
Familia:	Myrtaceae
Subfamilia:	Myrtoideae
Tribu:	Eucalypteae
Género:	<i>Eucalyptus</i>
Especie:	<i>grandis</i>

2.13.1 Descripción del *Eucalyptus grandis*

Eucalyptus grandis, comúnmente conocido como eucalipto rosado, es un árbol de corteza suave, áspero en la base fibrosa o escamosa, de color gris a gris-marrón. En la madurez, alcanza los 50 metros de altura, aunque los especímenes más altos pueden exceder los 80 metros. Habita naturalmente cerca de las costas y cordones montañosos subcosteros de Australia, entre el norte de Newcastle, en Nueva Gales del Sur, y el este de Daintree, en Queensland, principalmente en terrenos planos y pendientes más bajas, donde es el árbol dominante de los bosques húmedos, y en los márgenes de las selvas tropicales. (Meskimen, George; Francis, John K. 1990).

2.13.2 Taxonomía

Eucalyptus grandis fue descrito por primera vez por Walter Hill) en 1862. El nombre de la especie, *grandis*, "grande" alude al gran tamaño del árbol. Es comúnmente

conocido como eucalipto rosado o eucalipto inundado en Queensland. Fue clasificado en el subgénero *Symphyomyrtus*, sección *Latoangulatae*, serie *Transversae* (eucaliptos azules orientales) por Brooker y Kleinig. Sus dos parientes más cercanos son el eucalipto saligna (*Eucalyptus saligna*) y el eucalipto azul de montaña.

2.13.3 Descripción

El *Eucalyptus grandis* crece como un árbol recto y alto, alcanzando alrededor de 50 m de altura, con un diámetro de 1.2 a 2 m, con una densidad de 0,64 gr/m³. Los árboles más grandes pueden alcanzar los 75 m de altura y los 3 m de diámetro, siendo el árbol más alto del cual se tiene registro uno conocido como "The grandis" cerca de Bulahdelah, con una altura de 86 m y un diámetro de 8.5 m. El tronco es recto y constituye entre dos tercios a tres cuartas partes de la altura del árbol. La corteza es suave y quebradiza, de color pálido o gris azulado a blanco, con la corteza más rugosa y de color marrón en la parte inferior del tronco del árbol. Las lustrosas hojas verde oscuras son pecioladas, lanceoladas, y más pálidas en su parte inferior, de 10 a 16 cm de largo y 2-3 cm de ancho. Están dispuestas alternadamente a lo largo de las ramas.⁴ Las flores blancas aparecen a partir de mediados de otoño hasta finales de invierno. Las flores son seguidas por pequeños frutos en forma de cono o de pera que miden 8.5 mm de largo y 7.4 mm de ancho. (Meskimen, George; Francis, John K. 1990).

2.13.4 Distribución y hábitat

E. grandis se encuentra naturalmente en zonas costeras y montes subcosteros entre Newcastle en Nueva Gales del Sur en dirección al norte hacia Bundaberg en Queensland central con poblaciones discontinuas más al norte, cerca de Mackay, Townsville y Daintree en el norte de Queensland, principalmente en terrenos planos y pendientes más bajas. Los suelos corresponden a limos aluviales muy fértiles. La precipitación anual varía de 1100 a 3500 mm. Es el árbol dominante en los bosques húmedos y en los márgenes de las selvas tropicales, creciendo en conjuntos forestales

únicos o mezclado con árboles como *E. pilularis*, *E. microcorys*, *E. resinifera*, *E. saligna*, *Corymbia intermedia*, *Syncarpia glomulifera*, *Lophostemon confertus*) y *Allocasuarina torulosa*.

2.13.5 Usos

El eucalipto rosado es un árbol atractivo y de tronco fuerte muy demandado fuera de Australia por su madera y celulosa, existiendo plantaciones extensivas en Sudáfrica, Brasil y Sri Lanka. Dentro de Australia, hay plantaciones en el norte de Nueva Gales del Sur, donde las plántulas pueden alcanzar 7 metros de crecimiento en su primer año. La madera tiene un color rosado y se utiliza en carpintería, suelos, construcción de barcos, paneles y contrachapados. Tiene una fibra recta, moderada durabilidad y fuerza, y es resistente a las carcomas. se utilizan para combatir la salinidad.

El árbol es demasiado grande para la mayoría de los jardines, pero es un árbol atractivo para los grandes parques y granjas, y se puede utilizar en la estabilización de los terrenos a orillas de un río. (Meskimen, George; Francis, John K. 1990).

3.2 Accesibilidad.- Para trasladarse al área de la plantación es mediante la red fundamental Ruta 1; carretera Panamericana que une la ciudades de Tarija con Bermejo la misma que sirve de conexión a la República Argentina considerada como una carretera internacional, cuenta con cubierta asfáltica (Camino de primer orden). La comunidad El Limal se encuentra a 95 km de la ciudad de Tarija, y la plantación forestal se encuentra a 1000 metro al norte de la carretera principal, mediante un camino vecinal con plataforma de ripio.

3.3.1 Hidrología La comunidad El Limal forma parte del sistema hidrográfico del río Guandacaya donde se encuentra el área de estudio, el cual colinda al norte con el río Naranjo Agrio, al este con el río Salado Conchas y río Conchas, al oeste pertenece a la subcuenca del río Bermejo, estos se caracterizan por tener un régimen de caudales variados, en la época de lluvias presentan caudales considerables, con bastante arrastre de sedimentos y en la época de estiaje sus caudales son bajos.

La subcuenca del río Bermejo en la Cordillera Oriental presenta un relieve accidentado donde la gradiente longitudinal del curso de los ríos adquiere pendientes altas, mayores a 10%, como los ríos Guadalquivir, Tolomosa, Camacho, y Santa Ana, tributarios principales del río Bermejo, que en el Valle Central de Tarija forman un valle amplio.

3.3.2 Geomorfología.- El área de estudio corresponde a la provincia fisiográfica del Subandino, está constituida por un conjunto de paisajes dominados por serranías, colinas y valles, conformados por anticlinales estrechos y valles sinclinales más amplios, donde se instalan los ríos, originando valles con llanuras aluviales de pequeña y mediana amplitud.

Las serranías presentan formas alargadas por cientos de kilómetros y paralelas entre sí, constituidas por rocas más resistentes y homogéneas, en tanto que los valles sinclinales se hallan constituidos por rocas menos resistentes y más blandas.

3.3.3 Fisiografía.- Según el mapa fisiográfico del (PDM), el área de estudio se encuentra ubicada fisiográficamente entre: Serranía media, fuertemente disectada donde actúan procesos de remoción en masa, pendientes aluviales y coluviales son las principales geoformas que dominan este paisaje. Donde se han desarrollado valles estrechos y profundos. El relieve general es escarpado a fuertemente escarpado, con pendientes de 50 a 200 m. de longitud aproximadamente.

3.3.4 Suelo.- Se localizan en terrazas aluviales de los ríos, las comunidades de referencia son: Acheralitos, Cambarí, Chillaguatas, El Barrial, El Badén, Emborozú, Guandacay, La Goma, El Limal, Motoví, Naranjo Agrio, Playa Ancha, Puesto Rueda Salado, San Antonio, San Pedro, San José de Garrapatas, San Telmo, Santa Clara, Sidras, Trementinal y Volcán Blanco; los suelos se caracterizan por ser moderadamente profundos a muy profundos, con texturas de franco a franco arenosas, con pH ligeramente ácido, la fertilidad es moderada.

3.3.5 Clima.- El clima es cálido semihúmedo a cálido húmedo, con un periodo de disponibilidad de agua en el suelo para el crecimiento de las plantas que varía entre 6 y 8 meses. El periodo libre de heladas es de 7 a 9 meses, pero generalmente presentan únicamente heladas en los meses de junio, julio y agosto. (PDM Municipio de Padcaya 2003).

3.3.6 Vegetación.- Según el PDM (2003), el levantamiento florístico en El Limal, presenta una vegetación compuesta por árboles que están en el orden de los 15 a 20 m. de altura y una cobertura aproximada del 40 al 60 %, las especies que los integran en una mayoría corresponden a los sempervirentes (siempre verdes), y se encuentran algunas especies deciduas por la estación del año, especialmente en el dosel superior como los géneros: *Tabebuia*, *Cederla*, *Myroxylon*, *Tipuana*, y otros, en alturas de relieve mayores a los 800 msnm.

Por tanto la vegetación existente en El Limal corresponde a Bosque denso siempre verde semideciduo submontano.

- **Estrato arbóreo.**- Se registraron especies arbóreas mayores a 10 cm. de DAP, pertenecientes a familias botánicas. Las especies con mayor número de individuos por hectárea es el Chal-chal y *Nectandra* sp. siendo las más frecuentes en todos los sitios de evaluación.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR
BETULACEAE	<i>Alnus acuminata</i> H.B.K.	Aliso, aliso enano, aliso blanco
FABACEAE	<i>Amburana cearensis</i> A.C. Smith	Roble, serico
MIMOSACEAE	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.Conc.) Benth.	Cebil colorado
MIMOSACEAE	<i>Anadenanthera</i> sp.	Cebil blanco
ANACARDIACEAE	<i>Astronium urundeuva</i> Engler	Urundel, soto
MYRTACEAE	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (H.B.K.) O.Berg	Barroso
MELIACEAE	<i>Cedrela</i> sp.	Cedrillo
MELIACEAE	<i>Cedrela</i> sp.1	Cedro
MORACEAE	<i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Gaud.	Mora negra
BORAGINACEAE	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex. Steudel	Afata, lanza amarilla, mindiola
SAPOTACEAE	<i>Crysophyllum</i> sp.	Aguay, aguay macho
SAPINDACEAE	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlkofer	Suiquillo, anco anco, quebrachillo
MIMOSACEAE	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Timboy, oreja de negro,

	Morong	pacará
FABACEAE	<i>Erythrina falcata</i> Benth.	Ceiba
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i> sp.1	Guayabo
CAESALPINIACEAE	<i>Gleditsia amorphoides</i> Taubert	Coronillo, espina corona, paripquete
JUGLANDACEAE	<i>Juglans australis</i> Griseb.	Nogal
FABACEAE	<i>Lonchocarpus lilloi</i> (Hassler) Burk.	Quina blanca, mara blanca
ANACARDIACEAE	<i>Loxopterygium</i> sp.	Mara chaqueña, mara sota
FABACEAE	<i>Machaerium</i> sp.	Guayacán
FABACEAE	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.	Quina colorada, quina baya
LAURACEAE	<i>Nectandra</i> sp.	Laurel, laurel blanco, laurel hojudo
LAURACEAE	<i>Ocotea</i> sp.	Laurel
BORAGINACEAE	<i>Patagonula americana</i> L.	Palo lanza, lanza blanca verdadera
LAURACEAE	<i>Phoebe porphyria</i> (Griseb.) Mez	Laurel, laurel del monte, peludo, amarillo, morado
ULMACEAE	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (Poisson) Taubert	Perilla
ULMACEAE	<i>Phyllostylon</i> sp.	Blanquillo
MIMOSACEAE	<i>Piptadenia</i> sp.	Chari, vilcarán
NYCTAGINACEAE	<i>Pisonia zapallo</i> Griseb.	Palo zapallo, zapallo caspi
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus parlatorei</i> Pilger	Pino del cerro, pino negro

MIMOSACEAE	<i>Prosopis alba</i> Griseb.	Alarobo blanco
MIMOSACEAE	<i>Prosopis nigra</i> Hieron.	Algarrobo negro, taquillo
CAESALPINIACEAE	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Tipilla, viraru, tipa colorada
MYRSINACEAE	<i>Rapanea</i> sp.	Yuruma colorada
MYRSINACEAE	<i>Rapanea</i> sp.1	Yuruma
MYRSINACEAE	<i>Rapanea</i> sp.2	Yuruma hoja redonda, Yuruma blanca
MYRSINACEAE	<i>Rapanea</i> sp.3	Yuruma chica
ANACARDIACEAE	<i>Schinopsis quebracho colorado</i> (Schldl.) Barkley & Meyer	Quebracho colorado, soto chaqueño
ANACARDIACEAE	<i>Schinopsis</i> sp.	Soto
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia heteropoda</i> (A.DC.) Sandw.	Lapacho amarillo
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia impetiginosa</i> Standley	Lapacho rosado
FABACEAE	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	Tipa blanca

PDM Municipio de Padcaya 2003

- **Estrato arbustivo.-** El estrato arbustivo se encuentra disperso en la parte inferior del bosque, obteniendo un 22% de cobertura y una densidad de 2.343 individuos por hectárea como promedio general. Integrado en su mayoría por *Psychotria carthaganensis*; Esta especie está distribuida en áreas tropicales y subtropicales en casi todo el mundo, corroborado por el documento de levantamiento florístico preliminar del (PDM) 2003. La densidad y cobertura de las especies presentes demostraron ser descendentes de acuerdo al piso altitudinal. En la parte más baja de evaluación a los 970 msnm, existen 3200 individuos por hectárea y un 36,6% de cobertura, a los 1000 msnm, hay 2200 individuos por hectárea con una cobertura de 15,1%.

FAMILIA	NOMB CIENTÍFFICO	NOMBRE VULGAR
MIMOSACEAE	Acacia aroma Gillies ex Hook. & Arn.	Tusca
MIMOSACEAE	Acacia caven (Mol.) Hook.& Arn.	Churqui negro
MIMOSACEAE	Acacia praecox Griseb.	Garabato
MIMOSACEAE	Acacia sp.	Satajchi
MIMOSACEAE	Acacia sp. 4	Garrancho
MIMOSACEAE	Acacia visco Lorentz ex Griseb.	Jarca
EUPHORBIACEAE	Acalypha sp.	Cascarilla
ASTERACEAE	Acanthospermum hispidum De Candolle	Foro toro
MALVACEAE	Acaulimalva dryadipoloa (Solms) Krap	Alteia blanca
ACHATOCARPACEAE	Achatocarpus praecox Griseb.	Palo mataco
ASTERACEAE	Achyrocline ramosissima (Sch.Bip.) Britt.	Pulmonaria
ADIANTACEAE	Adiantum pectinatum Ettingsh.	Helecho, cedacillo
ADIANTACEAE	Adiantum sp.	Culantrillo
POACEAE	Aegopogon sp.	Bramilla de campo
ADIANTACEAE	Adiantum pectinatum Ettingsh.	Helecho, cedacillo
ADIANTACEAE	Adiantum sp.	Acherilla, culantrillo
ROSACEAE	Alchemilla pinnata Ruiz & Pavón	Hierba arrocillo
NYCTAGINACEAE	Allionia incarnata L.	Flor rosada violeta
SAPINDACEAE	Allophylus edulis Radlkofer	Chalchal
VERBENACEAE	Aloysia cf. Fiebrigii (V.Hayek)	Cedrón

	Moldenke	
VERBENACEAE	<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.& Arn.) Tronco.	Cedrón de monte
VERBENACEAE	<i>Aloysia</i> sp.1	Salvia
VERBENACEAE	<i>Aloysia</i> sp.2	Tisma
AMARANTHACEAE	<i>Althernantera mexicana</i> Hieron.	Moco moco
SCHIZAEACEAE	<i>Anemia herzogii</i> Rosenstock	Helecho con flor
ACANTHACEAE	<i>Anisacanthus</i> cf. <i>Caducifolius</i> (Griseb.) Lindau	Canutillo
MALVACEAE	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlechdl.	Queso queso-quesillo
POACEAE	<i>Aristida adscencionis</i> L.	Cola de zorro
POACEAE	<i>Aristida mandoniana</i> Henr.	Pasto
POACEAE	<i>Arundo donax</i> L.	Caña hueca
FABACEAE	<i>Astragalus diminutivus</i> Johnston.	Garbancillo
CAPPARACEAE	<i>Atamisquea emarginata</i> Miers	Atamisqui
SAPINDACEAE	<i>Athyana wienmannifolia</i> (Grisebach) Radlkofer	Sotillo ,garbancillo
ASTERACEAE	<i>Baccharis boliviensis</i> (Weddell) Cabrera	Tholilla, leña chiswa
ASTERACEAE	<i>Baccharis coridifolia</i> de Candolle	Romerillo
ASTERACEAE	<i>Baccharis dracunculifolia</i> de Candolle	Thola
ASTERACEAE	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pavón) Persoon	Chilca verdadera
ASTERACEAE	<i>Baccharis trímera</i> (Less.) de Candolle	Carqueja

ASTERACEAE	Barnadesia odorata Griseb.	Clavelillo chico
ASTERACEAE	Barnadesia sp.	Estrella
BEGONIACEAE	Begonia sp.	Alantuya
BERBERIDACEAE	Berberis sp.1	Juvilla
BERBERIDACEAE	Berberis sp.2	Dominguillo
ASTERACEAE	Bidens andicola H.B.K.	Suncho, saitilla
ASTERACEAE	Bidens sp.1	Saitilla
SOLANACEAE	Brunfelsia cf. Uniflora (Pohl.) D. Don	Clavelito tóxico
LOGANIACEAE	Buddleja sp.	San juan
SAPOTACEAE	Bumelia obtusifolia Roemer & Schultes	Chirimolle
CAESALPINIACEAE	Caesalpinia floribunda Tul.	Negrillo
CAESALPINIACEAE	Caesalpinia paraguariensis Burkart	Algarrobilla
CAESALPINIACEAE	Caesalpinia sp.	Garbancillo
SOLANACEAE	Capsicum sp.	Ají
CAESALPINIACEAE	Cassia carnaval Spegazzini	Carnaval
CAESALPINIACEAE	Cassia bicapsularis L.	Hierba de burro
CAESALPINIACEAE	Cassia corymbosa Lam.	Carnavalillo
CAESALPINIACEAE	Cassia sp.	Cafesillo
POACEAE	Cenchrus echinatus L.	Cadillo
CACTACEAE	Cereus peruvianus (L.) Miller.	Cardón
CACTACEAE	Cereus sp.	Ulala, ucle
SOLANACEAE	Cestrum albotomentosum Dammer	Hediondilla

	ex Francey	
CAESALPINIACEAE	Chamaecrista nictitans (L.) Moen	Celosa
AMARANTHACEAE	Chamissoa altissima (Jacq.) H.B.K	Lengua de vaca
BOMBACACEAE	Chorisia sp.1	Toboroche blanco
SAPOTACEAE	Chrysophyllum gonocarpum (Martius&Eichler) Engler	Laurel
POACEAE	Chusquea sp.	Cañuela
RUTACEAE	Citrus sp.	Naranjo Agrio
POLYGONACEAE	Coccoloba tiliacea Lindau	Mandor
COMMELINACEAE	Commelia sp.	Santa Lucia

PDM Municipio de Padcaya 2003.

3.3.7 Uso actual de la tierra.-

En general, el uso dominante es la ganadería extensiva, seguido del aprovechamiento y uso forestal, plantaciones forestales y cultivos agrícolas (frutícola y anual)

Gran parte de la comunidad El Limal está cubierta por bosques explotados en distintos grados de intensidad, localmente se observan cultivos agrícolas (maíz, papa, frutales como cítricos y caña de azúcar), también se dedican a la ganadería, la cual tiene un manejo tradicional, entre los animales domésticos más importantes tenemos: caballos, vacas, cerdos, aves de corral etc. (PDM Municipio de Padcaya 2003).

3.4 MATERIALES

Para la ejecución del presente trabajo se utilizaron los siguientes materiales.

3.4.1 Materiales de Campo

- Carta geográfica
- Cinta diamétrica
- Machete
- Motosierra
- Planillas de campo
- Cámara fotográfica
- Pintura al aceite
- Brocha

3.4.2 Materiales de Aserradero

- Sierra sin fin
- Flexómetro
- Marcadores
- Planillas de registro

3.4.3. Material de Laboratorio

- Recipiente de 200 litros.
- Balanza ACS-30 C con 0,5 gr. de precisión.
- Balanza GIBERTINI con 0,01 gr. de precisión.
- Planillas
- Horno eléctrico.

- Sales CCA.
- Cromo azurol
- Guantes de protección
- Reloj cronómetro

3.4.4. Material de Gabinete

- Material de escritorio.
- Norma COPANT 458, AWPA A3-71

3.5 MÉTODO

Aplicando la Norma COPANT 458, (Selección y Colección de Muestras)

3.5.1 Selección y Colección de Muestras

La selección y colección de muestras, están de acuerdo a las normas (COPANT 458) las cuales recomiendan que se tomen en cuenta las leyes al azar, de manera que cada uno de los componentes (como ser: la zona, bloque, parcela, árbol, troza, y probeta), tengan las mismas posibilidades de ser elegidas. Con el propósito de que todo el material a recolectar satisfaga el objetivo propuesto en el presente trabajo.

Este sistema al azar comprende las siguientes etapas:

- Definición de la población
- Selección de la zona
- Selección de los árboles
- Selección de las trozas
- Obtención de las probetas
- Selección, codificación y secado de las probetas
(Norma COPANT 458)

3.5.2 Definición de la Población

Para realizar el tratamiento por inmersión prolongada frío-frío de la especie eucalipto se estableció las características de cada individuo, dentro de la población como la edad, especie y diámetro a la altura del pecho. etc.

3.5.3 Selección de la Zona

La existencia de especies forestales como *Eucalipytus Garndis*, ubicadas en la Comunidad El Limal de la provincia Arce del Departamento de Tarija. Se realizó la selección de la zona tomando en cuenta la representatividad de la especie en cuanto a sanidad y calidad de los individuos.

3.5.4 Selección de los Árboles

Se seleccionó 10 árboles de cada parcela elegida al azar en la plantación, teniendo un total de 30 árboles, y se eligió al azar 2 árboles para realizar el estudio, tomando en cuenta la sanidad, un buen fuste y el diámetro mínimo de corta (diámetro a la altura del pecho) o diámetro referencial de 1.30 mts.

3.5.5 Selección de las Trozas

Se realizó el apeo, desramado y se dividió el árbol en secciones de 60 cm, las cuales fueron marcadas con pintura desde la parte inferior a la superior de la troza, para poder identificarlos rápidamente. Las trozas se eligieron al diámetro requerido, anotando todos los datos de cada troza en planillas.

3.5.6 Obtención de las Probetas

Se procedió a transportar las trozas hacia el aserradero, para la preparación de las probetas tomando en cuenta la correcta longitud y diámetro requerido para evitar resultados incorrectos. Se realizó de acuerdo a la norma, que tendrán una dimensión de 50 cm de longitud y una clase diamétrica de 12.5 a 13.5 cm de diámetro.

(Norma COPANT 458).

Para realizar el tratamiento, siempre evitando los defectos que puedan presentarse en las probetas como indicios de pudrición, rajaduras, etc. Finalmente se procedió a retirar la corteza de cada una de las muestras.

3.5.7 Selección, Codificación y Secado de las Probetas

Para la investigación se obtuvieron un total 20 probetas, con el objeto de poder identificar cada una de las probetas se ha tenido cuidado en la codificación de las mismas, de manera que sea clara y sencilla y que permita ubicarlas cuando se realice el ensayo. El código utilizando es el siguiente:

A1- P1, P2,..... P10

A2- P11, P12,.....P20

Dónde:

A1= Árbol uno

P1 = Número de probeta.

A2 = Árbol dos

P11= Número de probeta.

Finalmente se procedió al sellado de los extremos de las probetas con pintura para evitar la formación de fendas o rajaduras por la rápida pérdida de humedad, para luego ser secadas en ambiente totalmente adecuado, de manera que la madera logre alcanzar en forma rápida un contenido de humedad inferior al 30%, punto de saturación de las fibras, para su tratamiento.

(Norma COPANT 458).

3.5.7.1 Fase de pre campo

El trabajo se realizó según la Norma COPANT 458, AWWA N° A3-71, las probetas tienen un contenido de humedad del 18% con una clase diamétrica de 12.5 a 13.5 cm de diámetro y 50 cm de longitud.

Primeramente se ha sumergido la madera seca en bolillos en la solución durante un tiempo 4, 24 y 72 horas, conforme va penetrando el preservante. La madera pierde fuerza capilar así como aumenta la presión capilar de la misma, lo que hace que la penetración sea cada vez mejor para obtener la misma retención de materia activa.

Protector Sal CCA:

C = Cromo (fijador)

C = Cobre (fungicida)

A = Arsénico (insecticida)

3.5.7.2 Fase de campo

Se ha preparado las probetas de la especie *Eucalyptus Grandis* primeramente se ha quitado la corteza para acelerar el secado y llegar a una humedad del 18% luego se midieron los diámetros de cada probeta.

3.5.7.2.1 Preparando de la solución

La sal CCA se ha obtenido del Laboratorio de Tecnología de la Madera dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Los componentes de la solución son cromo, cobre y arsénico (CCA) incluyendo agua, luego se ha mezclado ambos en un recipiente de 200 litros a una concentración de 3,5 %, en la cual se ha sumergido las probetas para su tratamiento.

3.5.7.3 Fase de gabinete

3.5.7.3.1 Procedimiento de medición y toma de datos

Retiradas las probetas del recipiente a las 4, 24 y 72 horas se ha procedido a aserrar los bolillos para obtener una galleta de 2 cm de ancho para realizar el pincelado con cromo azurol y proceder a la planimetría para el cálculo de la superficie impregnada por el preservante.

3.5.7.4 Formulas a emplear para la obtención de datos de gabinete

3.5.7.4.1 Absorción líquida

Se determina con el volumen inicial de la solución y el volumen sobrante dividiendo el volumen de la probeta, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula.

$$Al = \frac{K_2 - K_1}{V} = \text{Kg/m}^3$$

Al= Adsorción líquida.

K₁= Peso antes del tratamiento en Kg.

K₂= Peso después del tratamiento en Kg.

V= Volumen total.

3.5.7.4.2 Absorción sólida

Con los datos obtenidos se determinó la adsorción sólida de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$AS = \frac{C \times AL}{100} = Kg/m^3$$

As = Adsorción sólida.

C = Concentración de la solución al 3,5%.

Al = Adsorción líquida.

3.5.7.4.3 Penetración lateral media

Al finalizar el ensayo se determinó la zona no impregnada de cada probeta utilizando el Cromo Azurol el cual se ha pincelado la cara transversal de la galleta de 2 cm de ancho, dejando secar para posteriormente identificar la superficie impregnada y no impregnada, dibujando en un papel cebolla las dos zonas para luego planimetrar y así determinar el valor de cada zona, la fórmula aplicada es la siguiente.

$$Plm = R - \sqrt{\frac{Sni}{\pi}}$$

Plm = Penetración lateral media mm.

R = Radio total de la pieza en mm.

Sin = Superficie no impregnada mm².

3.5.7.4.4 Retención líquida

Se determinó con el volumen inicial de la solución y el volumen sobrante dividiendo el volumen impregnado de acuerdo a la fórmula.

$$Rl = \frac{(K_2 - K_1)}{Vi} = Kg/m^3$$

RI = Retención líquida.

K₁= Peso antes del tratamiento en Kg.

K₂= Peso después del tratamiento en Kg.

Vi = Volumen impregnado de la muestra en m³.

3.5.7.4.5 Retención sólida

Obteniendo la retención líquida y conociendo la concentración se determinó la retención líquida, utilizando la siguiente fórmula.

$$Rs = \frac{C * Rl}{100} = Kg/m^3$$

Rs = Retención sólida.

C = Concentración de la solución a 3,5%.

Rl = Retención líquida.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Inmersión prolongada

En primer lugar se presenta los resultados de los ensayos realizados en el Laboratorio de Tecnología de la Madera, para luego presentar cuadros con los cálculos de la penetración lateral media, volumen impregnado, retención líquida y sólida a cuatro horas, veinticuatro horas y setenta y dos horas de madera en bolillo de la especie (*Eucalyptus Grandis*) con su respectivo análisis estadístico.

Probeta N° 1

Peso inicial de la probeta

$$P_o = 4,200 \text{ Kg.}$$

$$4 \text{ hrs} = P_1 = 4,210 \text{ Kg.} \quad S_i = 3,8 \text{ cm}^2 \rightarrow 380 \text{ mm}^2. \quad \rightarrow \text{Plm} = 0,902 \text{ mm.}$$

$$24 \text{ hrs} = P_2 = 4,225 \text{ Kg.} \quad S_i = 5,8 \text{ cm}^2 \rightarrow 580 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{Plm} = 1,331 \text{ mm.}$$

$$72 \text{ hrs} = P_3 = 4,270 \text{ Kg.} \quad S_i = 18,80 \text{ cm}^2 \rightarrow 188 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \text{Plm} = 4,160 \text{ mm.}$$

El diámetro (D) y radio (R) de la probeta 1 es de:

$$D = 13,5\text{cm.} \quad \rightarrow \quad R = 6,75\text{cm.}$$

El cálculo de la superficie total de una pieza de madera de forma cilíndrica a las 4 horas es la siguiente:

$$St = \frac{\pi * D^2}{4} =$$

$$St = \frac{\pi * (135)^2}{4} = 143,882 \text{ mm}^2$$

Superficie no impregnada

$$S_{ni} = S_t - S_i$$

$$S_{ni} = 14313,882 - 380 = 13933,882\text{mm}^2 \quad S_{ni} = 13933,882\text{mm}^2$$

Penetración lateral media (Plm)

$$Plm = R - \sqrt{\frac{S_{ni}}{\pi}} = \quad Plm = 68,5 - \sqrt{\frac{13933,882}{\pi}} = \quad Plm = 0,902\text{mm}.$$

El cálculo para las 24 horas es el siguiente:

El diámetro (D) y radio (R) de la probeta 1 es de:

$$D = 14 \text{ cm.} \quad R = 7 \text{ cm.}$$

El cálculo de la superficie total de una pieza de madera de forma cilíndrica a las 24 horas es la siguiente:

$$S_t = \frac{\pi * (140)^2}{4} = \quad S_t = 15393,804\text{mm}^2$$

Superficie no impregnada

$$S_{ni} = 15393,804 - 580 = \quad S_{ni} = 14813,804\text{mm}^2$$

Penetración lateral media (Plm)

$$Plm = 70 - \sqrt{\frac{14813,804}{\pi}} = \quad Plm = 1,331 \text{ mm}.$$

El cálculo para las 72 horas es el siguiente:

El diámetro (D) y radio (R) de la probeta 1 es de:

$$D = 14,8 \text{ cm.} \quad \rightarrow \quad R = 7,4\text{cm}.$$

El cálculo de la superficie total de una pieza de madera de forma cilíndrica a las 72 horas es la siguiente:

$$S_t = \frac{\pi * (148)^2}{4} = \quad S_t = 17203,361\text{mm}^2$$

Superficie no impregnada

$$S_{ni} = 17203,361 - 1880 = S_{ni} = 15323,361 \text{mm}^2$$

Penetración lateral media (Plm)

$$Plm = 74 - \sqrt{\frac{15323,361}{\pi}} = Plm = 4,160 \text{mm}.$$

Longitud (L) L = 50cm. → 0,50m

Diámetro (D) D = 13,5cm. → 0,135m.

Radio (R) R = 6,75cm. → 0,068m.

Concentración (c) 3,5%

La Superficie lateral (Sl) de una pieza cilíndrica a las 24 horas es la siguiente:

$$Sl = 2 * \pi * R * L = C = 3,5\%$$

$$Sl = 2 * \pi * 0,068 * 0,50 = Sl = 0,214 \text{m}^2$$

Peso obtenidos de las probetas en bolillo a 4,24 y 72 horas son las siguientes:

$$A_i = 4,210 \text{ Kg.}$$

$$A_f = 4,225 \text{ Kg.}$$

$$A_t = 4,270 \text{ Kg.}$$

La absorción líquida y sólida total a 24 horas de tratamiento por inmersión prolongada es la siguiente:

Absorción líquida total (Alt)

$$Alt \frac{A_f - A_i}{Sl} = Lt/m^2$$

$$Alt = \frac{4,225 - 4,210}{0,214} = Alt = 0,070 \text{ Lt/m}^2$$

Absorción sólida total (Ast)

$$Ast \frac{Alt - c}{100} = Kg/m^2$$

$$Ast = \frac{0,070 * 3,5}{100} = \quad Ast = 0,003Kg/m^2$$

Penetración lateral media a 4 horas de tratamiento

$$Plm = 0,902mm. \quad Plm = 0,00090m.$$

Radio de la pieza sin impregnar en (mm)

$$r = \sqrt{\frac{Sni}{\pi}} = mm$$

$$r = \sqrt{\frac{13933,882}{\pi}} = \quad r = 66,589mm. \quad r = 0,067m.$$

Volumen impregnado a 4 horas del tratamiento es la siguiente:

$$Vi = \pi * L * P(2r - P) = m^3$$

$$Vi = \pi * 0,50 * 0,001(2 * 0,067 - 0,001) = \quad Vi = 0,0002m^3$$

Penetración lateral media a 24 horas de tratamiento.

$$Plm = 1,331mm. \quad Plm = 0,001331m.$$

Radio de la pieza sin impregnar en (mm)

$$r = \sqrt{\frac{14813,804}{\pi}} = \quad r = 68,669mm. \quad r = 0,069m.$$

Volumen impregnado a 24 horas del tratamiento es la siguiente:

$$Vi = \pi * 0,50 * 0,001(2 * 0,069 - 0,001) = \quad Vi = 0,0003m^3$$

Penetración lateral media a 72 horas de tratamiento.

$$Plm = 4,160mm. \quad Plm = 0,00416m.$$

Radio de la pieza sin impregnar en (mm)

$$r = \sqrt{\frac{15323,361}{\pi}} = \quad r = 69,840mm. \quad r = 0,070m.$$

Volumen impregnado a 72 horas del tratamiento es la siguiente:

$$Vi = \pi * 0,50 * 0,004(2 * 0,070 - 0,004) = \quad Vi = 0,0009m^3$$

Retención líquida y sólida a 4 horas de tratamiento es al siguiente:

Retención líquida (Rl) en Lt/m³

Retención sólida (Rs) en Kg/m³

K₂ = Peso después del tratamiento en Kg.

K₁ = peso antes del tratamiento en Kg.

$$Rl = \frac{K_2 - K_1}{Vi} = Lt/m^3 \quad Rs = \frac{Rl * C}{100} = Kg/m^3$$

$$Rl = \frac{4,210 - 4,200}{0,0002} \quad Rs = \frac{50 * 3,5}{100}$$

$$Rl = 50 Lt/m^3 \quad Rs = 1,750 Kg/m^3$$

Retención líquida y sólida a 24 horas de tratamiento.

$$Rl = \frac{4,225 - 4,200}{0,0003} \quad Rs = \frac{66,667 * 3,5}{100}$$

$$Rl = 66,667 Lt/m^3 \quad Rs = 2,333 Kg/m^3$$

Retención líquida y sólida a 72 horas de tratamiento.

$$Rl = \frac{4,270 - 4,200}{0,0009} \quad Rs = \frac{77,778 * 3,5}{100}$$

$$Rl = 77,778 Lt/m^3 \quad Rs = 2,722 Kg/m^3$$

Cuadro N°1

TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL TRATAMIENTO

Árbol N°	Prob.	CÁLCULOS CAUTRO HORAS DE TRATAMIENTO			
		PENETRACIÓN LATERAL MEDIA (PLM mm)	VOLUME IMPREGNADO (Vi m ³)	RETENCIÓN LÍQUIDA (RI Lt/m ³)	RETENCIÓN SÓLIDA (Rs Kg/m ³)
1	1	0,902	0,0002	50,000	1,750
	2	0,394	0,0001	60,000	2,100
	3	0,767	0,0001	400,000	14,000
	4	1,289	0,0002	125,000	4,375
	5	0,504	0,0002	30,000	1,050
	6	0,554	0,0002	25,000	0,875
	7	1,033	0,0002	90,000	3,200
	8	0,941	0,0002	25,000	0,875
	9	0,413	0,0001	800,000	28,000
	10	0,415	0,0001	820,000	28,700
2	11	0,594	0,0002	30,000	1,050
	12	0,670	0,0002	30,000	1,050
	13	0,605	0,0002	55,000	1,925
	14	0,402	0,0001	50,000	1,750
	15	0,683	0,0002	40,000	1,400
	16	0,588	0,0002	65,000	2,275
	17	0,546	0,0002	25,000	0,875
	18	0,524	0,0002	25,000	0,875
	19	0,394	0,0001	100,000	3,500
	20	0,600	0,0002	25,000	0,875
SUMA		12,818	0,0034	2870,000	100,500
X		0,641	0,0002	143,500	5,025
S1		0,130	0,0000000020	196020,000	240,471
S2		0,050	0,0000000022	51196,389	62,686
ST		0,060	0,0000000022	58818,684	72,043
CV1 %		20,284	0,0012	136599,303	4785,495
CV2 %		7,802	0,0013	35676,926	1247,484
CVT %		9,362	0,0013	40988,630	1433,695
Q		0,125	0,0000	188565,101	231,326
P %		19,513	0,0011	131404,251	4603,496

Cuadro N°2

Árbol N°	Prob.	CÁLCULOS VEINTICATRO HORAS DE TRATAMIENTO			
		PENETRACIÓN LATERAL MEDIA (PLM mm)	VOLUMEN IMPREGNADO (Vi m ³)	RETENCIÓN LÍQUIDA (RLi Lt/m ³)	RETENCIÓN SÓLIDA (Rso Kg/m ³)
1	1	1,331	0,0003	66,667	2,333
	2	0,751	0,0002	618,000	21,656
	3	1,693	0,0004	462,000	16,188
	4	1,325	0,0003	250,000	8,750
	5	0,935	0,0002	150,000	5,250
	6	1,287	0,0002	100,000	3,500
	7	1,548	0,0004	112,500	3,900
	8	1,066	0,0002	1125,000	39,375
	9	0,835	0,0002	1125,000	39,380
	10	1,300	0,0002	1105,000	38,680
2	11	1,644	0,0003	273,333	9,567
	12	2,082	0,0003	70,000	2,450
	13	0,997	0,0002	130,000	4,550
	14	1,342	0,0002	100,000	3,500
	15	1,758	0,0003	100,000	3,500
	16	1,157	0,0002	150,000	5,250
	17	1,067	0,0002	100,000	3,500
	18	0,732	0,0002	115,000	4,025
	19	1,253	0,0002	115,000	4,025
	20	1,087	0,0002	75,000	2,625
SUMA		25,190	0,0049	6342,500	222,004
X		1,260	0,0002	317,125	11,100
S1		0,055	0,0000000045	754985,294	925,072
S2		0,129	0,0000000047	104137,726	127,659
ST		0,125	0,0000000047	138392,861	169,628
CV1 %		4,360	0,0018	238071,831	8333,832
CV2 %		10,206	0,0019	32838,069	1150,057
CVT %		9,898	0,0019	43639,846	1528,150
Q		0,053	0,0000000043	726272,207	889,890
P %		4,194	0,0018	229017,645	8016,885

Cuadro N°3

Árbol N°	Prob.	CÁLCULOS SETENTA Y DOS HORAS DE TRATAMIENTO			
		PENETRACIÓN LATERAL MEDIA (PLM mm)	VOLUMEN IMPREGNADO (Vi m ³)	RETENCIÓN LÍQUIDA (RLi Lt/m ³)	RETENCIÓN SÓLIDA (Rso Kg/m ³)
1	1	4,160	0,0009	77,778	2,722
	2	1,526	0,0004	1010,000	35,350
	3	2,100	0,0004	937,500	32,813
	4	1,485	0,0004	262,500	9,188
	5	1,498	0,0002	225,000	7,875
	6	1,723	0,0004	112,500	3,938
	7	1,872	0,0004	200,000	7,000
	8	2,146	0,0002	1638,000	57,313
	9	1,563	0,0004	1225,000	42,000
	10	1,750	0,0004	1152,500	40,338
2	11	1,944	0,0003	340,000	11,900
	12	2,664	0,0005	78,000	2,730
	13	1,212	0,0002	205,000	7,175
	14	1,763	0,0004	112,000	3,938
	15	2,135	0,0003	150,000	5,250
	16	2,026	0,0003	160,000	5,600
	17	1,677	0,0004	125,000	4,375
	18	1,685	0,0004	127,000	4,463
	19	1,526	0,0004	127,500	4,463
	20	1,927	0,0004	87,500	3,063
SUMA		38,382	0,0077	8352,778	291,494
X		1,919	0,0004	417,639	14,575
S1		0,080	0,0000000125	1419793,749	1721,997
S2		0,397	0,0000000218	164497,175	199,639
ST		0,380	0,0000000213	230565,416	279,763
CV1 %		4,163	0,0032	339957,257	11814,973
CV2 %		20,693	0,0057	39387,417	1369,763
CVT %		19,823	0,0055	55206,882	1919,511
Q		0,077	0,000000012	1365797,118	1656,507
P %		4,004	0,0031	327028,234	11365,634

CUADRO N° 4

Árbol N°	Prob.	CÁLCULOS VEINTICUATRO HORAS DE TRATAMIENTO	
		ABSORCIÓN LÍQUIDA TOTAL (L _{it} Lt/m ²)	ABSORCIÓN SÓLIDA TOTAL (S _{ot} Kg/m ²)
1	1	0,070	0,003
	2	0,463	0,016
	3	0,712	0,025
	4	0,249	0,009
	5	33,972	1,189
	6	0,080	0,003
	7	0,070	0,002
	8	1,197	0,042
	9	0,771	0,027
	10	0,369	0,013
2	11	0,301	0,011
	12	0,096	0,003
	13	0,087	0,003
	14	0,127	0,004
	15	0,140	0,005
	16	0,093	0,003
	17	0,080	0,003
	18	0,088	0,003
	19	0,065	0,002
	20	0,053	0,002
SUMA		39,083	1,368
X		1,954	0,068
S1		67,797	0,083
S2		56,281	0,069
ST		56,887	0,070
CV1 %		3469,369	121,645
CV2 %		2880,087	100,780
CVT %		2911,102	101,878
Q		65,218	0,080
P %		3337,424	117,018

El análisis se realizó de acuerdo a la Norma COPANT 30:1-012 para presentar los resultados y así determinar las propiedades de la madera. Se tomó en cuenta las siguientes condiciones:

- Que todos los árboles del área no presenten defectos y se encuentren en el muestreo.
- La obtención de las probetas se realizó al azar.

Los datos requeridos son los siguientes:

- Número de árboles ensayados (k)
- Número de probetas por árboles (L)
- Número total de probetas por especie (N)

Estos datos permiten calcular:

4.2 Valor promedio total de todos los valores individuales

1. Cuando el número de probetas por árbol (L) sea igual en todos los árboles se utiliza:

$$\bar{X} = \frac{L}{N} \sum_{j=1}^K x_j$$

2. Si el número de probetas por árbol (L) no es igual en todos los árboles la fórmula a utilizar es:

$$\bar{X} = \frac{L}{K} \sum_{j=1}^K x_j$$

4.3 Estimación de la Varianza

Para el cálculo de esta, se determinó las siguientes variaciones según el esquema siguiente:

	Grados de libertad	Suma de cuadrados de la desviación	Variación
Entre los grupos	$n_1 = k - 1$	$A_1 = \text{II} - \text{I}$	$S_1^2 = \frac{A_1}{n_1}$
Dentro de los grupos	$n_2 = N - k$	$A_2 = \text{III} - \text{II}$	$S_2^2 = \frac{A_2}{n_2}$
Total	$n_1 + n_2 = k - 1$	$A_1 + A_2 = \text{III} - \text{I}$	$S_T^2 = \frac{A_1 + A_2}{n_2 + n_2}$

$S_1^2 = \text{Variación de los valores individuales entre los árboles}$

$S_2^2 = \text{Variación promedio}$

$S_T^2 = \text{Variación de todos los valores individuales}$

$I = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2$	$II = l \sum_{j=1}^k x_j^2 = \sum_{j=1}^k \frac{1}{l} \left(\sum_{i=1}^l x_i \right)^2$	$III = \sum_{i=1}^N x_i^2$
---	--	----------------------------

4.4 Determinación del coeficiente de variación

Primero se realizó el cálculo de la desviación típica, que es la raíz cuadrada de los valores de variación, las fórmulas son:

$S_1 = \sqrt{S_1^2}$	$S_2 = \sqrt{S_2^2}$	$S_T = \sqrt{S_T^2}$
----------------------	----------------------	----------------------

- Coeficiente de variación para la varianza de los valores individuales entre (k) árboles se obtuvo según:

$$CV_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} * 100$$

- Coeficiente de variación para la variancia promedio de los valores de las variancias dentro de los (k) árboles según:

$$CV_2 = \frac{S_2}{\bar{X}} * 100$$

- Coeficiente de variación total para la varianza de los valores individuales (x) alrededor del promedio total:

$$CV_T = \frac{S_T}{\bar{X}} * 100$$

4.5 Cálculo del intervalo de confianza para el valor promedio

Como el valor promedio total de un muestreo es solamente una estimación del promedio de la población, también se necesita presentar en el análisis estadístico el intervalo de confianza del valor promedio total para una seguridad estadística postulada (generalmente 95 %). El valor del promedio total del muestreo más o menos el intervalo de confianza incluye el valor verdadero promedio de la población, con una probabilidad dada. Se empleó la siguiente fórmula:

$$q = \pm t_{(k-1)} \frac{S_1}{\sqrt{N}} * 100$$

En esta fórmula “t” es un factor que depende de k-1 grados de libertad y que tiene los siguientes valores para una seguridad estadística de 95 % como demuestra la tabla siguiente:

k-1	2	3	4	5	7	9	14	19	∞
$t_{(k-1)}$	4,3	3,18	2,78	2,57	2,37	2,26	2,15	2,09	1,96

4.6 Determinación del valor relativo del intervalo de confianza

Los límites del valor promedio total, calculados según la fórmula anterior, se puede expresar también en forma relativa en porcentaje según:

$$p = \pm \frac{q}{\bar{X}} * 100$$

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Las conclusiones arribadas del presente trabajo de investigación son las siguientes.

- Se admite como satisfactorio el uso del preservante utilizado en este proceso, evidenciando su viabilidad de empleo, facilidad de manipuleo y su aplicabilidad en la protección de las especies.
- La penetración lateral media obtenida permite clasificar la madera de la especie *Eucalyptus Glandis*, en función de su permeabilidad, como madera fácil de tratar (FT).
 - a. A cuatro horas de realizada la inmersión prolongada se obtiene que el promedio general de la penetración lateral media es de 0,641 mm, el volumen impregnado es de 0,0002 m³, la retención líquida es de 143,500 Lt/m³ y retención sólida es de 5,025 Kg/m³.
 - b. La inmersión prolongada a veinticuatro horas es la siguiente: la penetración lateral media es de 1,260 mm, volumen impregnado 0,0002 m³, retención líquida 317,125 Lt/m³, y retención sólida 11,100 Kg/m³.
 - c. La inmersión prolongada de la madera en bolillo de la especie en estudio a setenta y dos horas es la siguiente: la penetración lateral media es de 1,919 mm., el volumen impregnado es de 0,0004 m³, la retención líquida es de 417,639 Lt/m³ y la retención sólida es de 14,575 Kg/m³.

- La penetración lateral media, de acuerdo a normas y especificaciones técnicas en un tiempo de 72 horas; es de tipo Total Regular (TR), la penetración tiene elementos de conducción.
- La absorción sólida total es de $0,068 \text{ Kg/m}^2$, de acuerdo a normas y especificaciones técnicas en un período de 24 horas se clasifica como madera de Absorción Alta (AA), obteniendo la capacidad de absorción en el rango de 10 kg/m^3 .
- La absorción líquida total es de $1,954 \text{ Kg/m}^2$ de acuerdo a normas y especificaciones técnicas en un período de 24 horas por lo que se clasifica como madera de Absorción Alta (AA), obteniendo la capacidad de absorción en el rango de 200 kg/m^3 .
- En la clasificación de especies según su tratabilidad se ubica en el grupo de madera que son Fácil de Tratar (FT), porque tiene una absorción sólida mayor a 8 kg/m^3 de ingredientes activos según las norma AWWA N° A3-71.

RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en el tratamiento, para determinar la impregnación de la madera de la especie *Eucalyptus Garndis* y de acuerdo a los requisitos que deben cumplir las maderas basándose en la clave para clasificar las mismas, nos permite hacer las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que las probetas analizadas, tengan las dimensiones correctas, no debe presentar defectos como ser: rajaduras, ataques de agentes patógenos, nudos, etc., para obtener resultados más correctos.
- El preservante de la sal CCA es de alta toxicidad, por lo que se debe tener ciertas precauciones en su aplicación, para evitar daños por una manipulación inadecuada, se recomienda trabajar con accesorios de seguridad como guantes, barbijo, mandil, etc.
- Se recomienda trabajar con otros contenidos de humedad para poder observar cómo es su comportamiento en la absorción, retención y penetración del protector y realizar una comparación con los resultados obtenidos.
- Se deben realizar otros estudios con concentración diferentes para poder comparar los resultados obtenidos, para ampliar la vida útil de la madera