

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

### 1.1. Introducción

La madera, como materia prima, puede ser usada bajo diferentes condiciones climáticas, aunque sean consideradas de alto riesgo al biodeterioro, existen maderas, que debido a sus propias características son de alta durabilidad natural, otras sin embargo, presentan menor durabilidad, por lo que deben impregnarse con sustancias preservadoras para incrementar su vida útil en servicio. (R. Machuca Velasco/ M. Fuentes Salinas/ A. Borja de la Rosa, Universidad Autónoma Chapingo-México 2006).

La madera, como material de origen orgánico vegetal, se caracteriza por su susceptibilidad a la acción de agentes biológicos que la utilizan como alimento que conjuntamente con los agentes climáticos y del ambiente, producen su degradación hasta causar su inutilización definitiva. (R. Machuca Velasco/ M. Fuentes Salinas/ A. Borja de la Rosa, Universidad Autónoma Chapingo-México 2006).

En nuestro país, la madera de alta durabilidad natural, ha entrado en franca vía de extinción, originando escasez y carencia de ellas. Dicha situación exige la búsqueda de otras alternativas para aprovechar las especies, que todavía existen en nuestros bosques.

El Departamento de Tarija, cuenta en la actualidad con masas naturales del género *Diatenopteryx*, en especial el *Diatenopteryx Sorbifolia* de la Estación Experimental Río Conchas y sus alrededores. Las especies del género *Diatenopteryx*, es el género que en nuestro departamento, aún no se ha realizado un estudio de esta especie.

Por esta razón se propone realizar el método de tratamiento por inmersión prolongada caliente – frío, de la especie Suiquillo (*Diatenopteryx Sorbifolia*), que consiste en la introducción de preservantes de madera mediante la impregnación de sustancias tóxicas o repelentes que les confiere una durabilidad adquirida.

Para así mediante este trabajo de investigación se pueda obtener resultados satisfactorios con una información precisa que vaya a dar solución e información a problemas relacionados en la introducción de protectores en la madera, lo cual facilitara para incrementar su vida útil en servicio.

En nuestro medio hasta ahora, el tratamiento de maderas se realiza sobre la base de experiencias obtenidas en otros países y muy poco es lo que se puede ofrecer a la industria, con experiencias propias producto de investigaciones.

## **1.2. Justificación**

El Medio Ambiente es un enemigo natural de la madera expuesta en la intemperie, mediante sus elementos abióticos y bióticos. Hongos e insectos, la usan como fuente de alimentación, como amparo y como lugar donde pueden incubar a sus crías. No obstante, todos ellos, para sobrevivir requieren humedad, oxígeno y temperatura, controlando cualquiera de estos factores se elimina el riesgo de ataque. No dejemos de mencionar a los destructores abióticos (agua, sol). Con el objetivo de que estas maderas cumplan debidamente sus funciones, aplicando un tratamiento protector adecuado contra sus enemigos naturales.

Para esto es necesaria la aplicación del método de tratamiento por inmersión prolongada caliente – frío a base de sales hidrosolubles CCA.

El método ya indicado impide que la madera sea atacada por los agentes que la degradan y es efectivo para toda clase de riesgos y aumenta la durabilidad e incrementa su vida útil de la madera.

El método de tratamiento por inmersión prolongada caliente-frío, se justifica por su efectividad en la durabilidad de la madera, el cual servirá de información para aplicarlo en nuestro medio y replicar con otras especies.

### **1.3. objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la eficiencia del tratamiento por inmersión prolongada caliente – frío en madera aserrada de la especie Suiquillo (*Diatenopteryx sorbifolia*), de la Provincia Arce, Departamento Tarija. A través de la absorción, retención y penetración de sales hidrosolubles, con la finalidad de incrementar su vida útil en servicio.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

A través de la norma COPANT N°458, se determinó lo siguiente:

- Determinar el contenido de humedad inferior al 30%.
- Determinar la absorción líquida y sólida en  $\text{kg/m}^3$ .
- Determinar la penetración lateral media en mm.
- Determinar la retención líquida y sólida del volumen realmente impregnado en  $\text{kg/ m}^3$  de la especie Suiquillo (*Diatenopteryx Sorbifolia*).

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Distribución Geográfica de la Especie

Es una especie nativa de las selvas tropicales, cuya distribución es alta e irregular, se desarrolla en bosque submontano semideciduo entre los 700-900 m.s.n.m., de suelo húmedo y fértil. En Tarija, provincia Arce, Bermejo se encuentra gran cantidad de estos ejemplares (Killen et al.; García, E. y Beck, S.; 1993).

En el bosque húmedo de la Comunidad de Río Conchas, está distribuida desde la ladera inferior hasta la ladera superior, cuya altitud oscila de 970-1120 m.s.n.m. Participa del estrato arborescente superior formado por árboles que sobrepasan los 20 m de altura, de temperamento ecológico “esciófita parcial”. (Sánchez, Patricia año 2011).

#### 2.2. Clasificación Taxonómica

**Descripción taxonómica de *Diatenopteryx sorbifolia***

**Reino:** Vegetal

**Phyllum:** Telemophytae

**División:** Tracheophytae

**Sub División:** Anthophyta

**Clase:** Angiospermae

**Sub Clase:** Dicotyledoneae

**Grado evolutivo:** Archichlamideae

**Grupo de órdenes:** Corolinos

**Orden:** Sapindales

**Familia:** Sapindaceae

**Género y sp:** *Diatenopteryx Sorbifolia Radlk.*

**Nombre común:** Suiquillo

### **2.3. Descripción Dendrológico:**

#### **2.3.1. Árbol:**

Inerme, polígamo-monoico de 10-25 m de altura. Fuste cilíndrico, largo y recto, la base con raíces generalmente tablares o tabulares poco pronunciadas, alcanza hasta 80 cm de diámetro, corteza externa delgada de apariencia lisa levemente fisurada, ritidoma de consistencia coriácea de color castaño-grisáceo, se desprende en placas irregulares; la corteza interna es fibrosa de color blanco amarillento que se oxida rápidamente obteniendo un color rojizo, con olor suave agradable al sentido, de sabor amargo–picante, segrega savia, escasa e incolora. Presenta ramificación simpodial, la copa tiene una forma alargada irregular y densa, de follaje persistente. (Sánchez Patricia, año 2011).

#### **2.3.2. Hojas:**

Compuestas, alternas, parí o imparipinadas, de 8–15 cm de largo de los cuales 1-2 cm corresponden al peciolo; el peciolo y raquis superiormente canaliculado pubescente; los foliolos van generalmente de 8-10 en número, alternos o subopuestos, subsésiles, cuyo limbo tiene forma oval lanceolada, ápice agudo, sus dimensiones van de 2-5 cm de largo por 1-2 cm de ancho, cuyo borde es aserrado.

Los foliolos basales son más pequeños, de consistencia papirácea, cuya cara superior (haz) es glabra y la cara inferior (envés) pubescente específicamente sobre la nervadura principal (pinnatinervada curva). (Sánchez Patricia, año 2011).

#### **2.3.3. Inflorescencia:**

En tirsos axilares, de 5-10 cm de largo de los cuales 2-4 cm corresponden al pedúnculo.

Las flores vienen dispuestas en panículas axilares laterales; la flor masculina tiene 3 mm de diámetro y 3-4,5 mm de largo; 4 sépalos de forma subtriangular con 1 mm de largo y 0,5-0,7 mm de ancho, presentan pubescencia en la parte interna; 4 pétalos blanquecinos, de forma oblongo-lanceolado cuyas dimensiones van de 2-3 mm de largo y 1,5-2 mm de ancho, internamente son muy pubescentes y están provistos de un apéndice bilobado notable a simple vista; cada flor presenta 8 estambres unilaterales de tamaño irregular que van de 2-3 mm de largo.

La flor pistilada (femenina) es similar en forma y tamaño a la masculina, sus estambres son de menor longitud; ovario súpero pubescente. (Sánchez Patricia, año 2011).

#### **2.3.4. Fruto:**

Disámara, pubescente cuando joven, cuando llega a la madurez es glabra y castaña; bialado, formado por 2 alas extendidas de 2,5-3 cm de largo por 8-12 mm de ancho cada ala contiene una semilla ubicada en el extremo de unión de ambas alas.

#### **2.3.5. Semilla:**

Son dos, de forma oblonga, comprimidas lateralmente, de 7-8 mm de largo por 3,5-4 mm de ancho.

#### **2.3.6. Usos:**

Tanto para leña como maderable en construcción civil, carrocerías, implementos agrícolas, pisos, parquet, vigas, durmientes, revestimientos, cabos de herramientas (López, J.A; Little, E; Ritz, G; Rombold, J; Hahn, W. 1987).

En las comunidades aledañas a la zona de estudio, su madera es utilizada para encofrados, cercas, como leña, cuyas utilidades le da cierta importancia económica a esta especie.

### 2.3.7. Característica de la Especie

Madera dura y pesada, rojiza, bien vetada, de bastante duración.

## 2.4. Madera

La madera es un material biológico de origen vegetal y composición química muy compleja, formada anatómicamente por albura y duramen. Esta compleja organización estructural hace de la madera un material anisotrópico con propiedades diferentes en sus tres planos normales de corte: (transversal, radial y tangencial) que lo convierten en un elemento particular y con propiedades diferentes, empleados en la construcción, embarcaciones, muebles, etc. Con el transcurso del tiempo su empleo se diversificó mucho más, en la actualidad su uso abarca a los sectores de transporte, industria, agropecuaria, construcción y otros.

Estructura de la madera son:

**Albura:** zona externa de la madera que en un árbol en pie contiene las células vivas y conduce la savia. Baja durabilidad natural.

**Duramen:** zona interna de la madera que en un árbol en pie no contiene células vivas y ya no conduce la savia. Tiene un color más oscuro que la albura por estar impregnado con: taninos, gomas, fenoles, etc. que le confieren una mayor durabilidad natural.

**Medula vegetal:** es la zona central del tronco, que posee escasa resistencia, por lo que, generalmente no se utiliza. (Novoa Robles Luis A. Consultor Forestal Lima-Perú Enero – 2006).

La madera debido a sus propias características son de alta durabilidad natural, otras sin embargo presentan menor durabilidad, por lo que deben impregnarse con sustancias preservadoras para incrementar su vida útil en servicio.

### **2.4.1. Propiedades Tecnológicas**

Las características anatómicas, propiedades físico-mecánicas, así como, el comportamiento de las maderas al secado, preservación y la trabajabilidad; son considerados como elemento básico para determinar los usos más adecuados que deben darse a las especies. (Dionicio Cruz Díaz, noviembre del 2006).

### **2.4.2. Propiedades Físicas**

La madera es un material orgánico tridimensional, todas sus propiedades físicas: como el peso específico, densidad básica, contracción (radial, tangencial y volumétrica), sufren disminución en sus dimensiones desde el estado verde hasta el estado anhidro y/o viceversa. Si la madera está anhidra y se deja al medio ambiente absorbe agua, produciendo un hinchamiento, como consecuencia aumenta sus dimensiones. Con el conocimiento de las propiedades físicas se llega a dar un posible uso de la madera y de establecer una clasificación que tiene mucha importancia para la industria maderera. (Dionicio Cruz Díaz, noviembre del 2006).

## **2.5. Humedad de la Madera**

Cuando un árbol es talado, la madera posee gran cantidad de agua, el cual varía según la especie, lugar de procedencia y época de corta. La madera por ser un material poroso está conformada por células que tienen la función de conducción como ocurre con la albura, por lo que presenta un contenido de humedad mayor que el duramen.

La madera debe tener un contenido de humedad correspondiente a la humedad media de equilibrio higroscópico que es la humedad que alcanza una madera en ese momento a determinadas condiciones de temperatura y humedad relativa. La humedad de la madera influye en la resistencia mecánica, su aptitud para el maquinado, poder calorífico, resistencia al ataque de hongos, impregnación, peso y sobre todo en los cambios dimensionales que sufre la madera a consecuencia



precisamente de su variación. (Novoa Robles Luis A. Consultor Forestal Lima-Perú Enero – 2006).

### **2.5.1. Contenido de Humedad**

El contenido de humedad de la madera es uno de los parámetros más importantes a considerar para los distintos propósitos en que será utilizada la madera. 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, por estar el contenido de humedad referido a un porcentaje del peso anhidro de la madera, su valor puede ser superior al 100 %. (Borja de la Rosa M.C., Mario Fuentes Salinas, año 2002)

## **2.6. Formas del Contenido de Humedad**

La madera puede contener agua bajo tres formas:

### **2.6.1. Agua Libre**

Es el agua que se encuentra en las cavidades celulares o el lumen de los elementos vasculares, dando a la madera lo que comúnmente se denomina la “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 punto, la madera estará en lo que se denomina “punto de saturación de las fibras”, que corresponde a un contenido de humedad que fluctúa entre 20-30 %. A partir de esta condición, se producen modificaciones en las propiedades físicas - mecánicas, eléctricas, de secado y trabajabilidad de la madera. (Novoa Robles Luis A. Consultor Forestal Lima-Perú Enero – 2006).

### **2.6.2. Agua Higroscópica**

Se encuentra presente en las paredes celulares; está comprendida entre 0% y 30% de contenido de humedad, 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. (Cruz Díaz Dionicio, Noviembre del 2006).

### **2.6.3. 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. Sólo puede ser eliminada por carbonización y no se la toma en cuenta para la determinación del contenido de humedad. (Novoa Robles Luis A.. Consultor Forestal Lima-Perú Enero – 2006).

## **2.7. Clasificación de la Madera Según su Humedad**

Se clasifican en:

### **2.7.1. Madera Verde**

Es aquella cuyo contenido de humedad es superior a 20%, este tipo de madera se utiliza en construcción, pilotes sumergidos en agua. El mayor riesgo que presentan estas maderas, son las pudriciones, la madera verde se seca en el sitio de utilización de la misma; se usa para la construcción de puentes, caballetes y galpones de baja calidad. (Cruz Díaz Dionicio, Noviembre del 2006).

### **2.7.2. Madera Seca al Aire**

Esta madera presenta un contenido de humedad mayor a 12%, es el proceso mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera exponiéndola al aire libre en un patio o cancha, como suele denominársele a las áreas destinadas para tal fin.

Es la forma más sencilla y económica para secar madera aserrada. Se utiliza principalmente para durmientes, postes y son maderas destinadas a tratamiento con protectores. (Luis A. Novoa, Minelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

### **2.7.3. Madera Seca en Cámaras**

Es aquella madera que tiene un contenido de humedad que es menor o igual al 12%. Están incluidas todas las maderas usadas en interiores tales como pisos, puertas, muebles, escaleras, revestimiento de paredes y toda clase de muebles empleados en el interior de casas con calefacción.

## **2.8. Cambios Dimensionales de la Madera**

Las variaciones en el contenido de humedad produce cambios dimensionales en la madera, estos cambios se deben principalmente a la pérdida o ganancia de agua higroscópica en la pared celular. (Cruz Díaz Dionicio, Noviembre del 2006).

## **2.9. Durabilidad Natural 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.**

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

**Fuente:** (W.P.K. FINDLAY 1962).

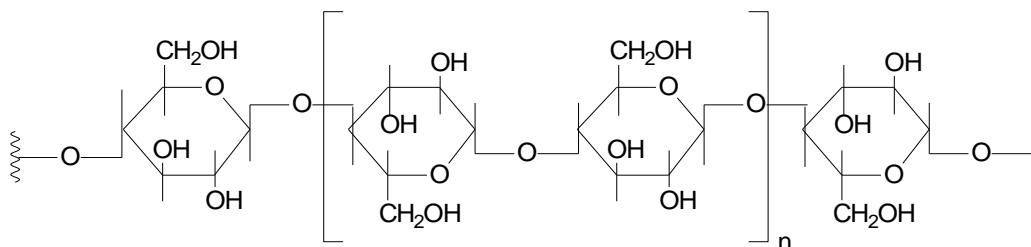
La resistencia a la pudrición de las maderas varía muy ampliamente, no sólo entre diferentes especies y entre diferentes árboles de una misma especie sino también entre el mismo árbol.

### **2.10. Composición Química de la Madera**

Las paredes de las células de la madera están compuestas por:

### 2.10.1. Componentes Primarios

- **Celulosa**

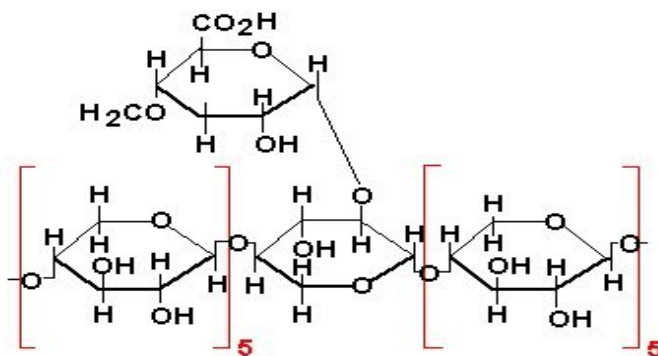


Es un polisacárido estructural formado por glucosa que forma parte de la pared de las células vegetales. Su fórmula empírica es  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , con el valor mínimo de  $n = 200$ . Sus funciones son las de servir de aguante a la planta y la de darle una protección vegetal. Es muy resistente a los agentes químicos, insoluble en casi todos los disolventes y además inalterable al aire seco, su temperatura de astillado a presión de un bar son aproximadamente unos 232,2 °C. La celulosa en la madera es aproximadamente el 50%.

- **Hemicelulosa**

Son polisacáridos lineales de elevado peso molecular que contiene pequeñas cantidades de ácido aniónico.

El grado de polimerización es de 70 a 200 unidades. Son pues, mucho más cortos que la celulosa. En las resinosas están formadas principalmente por manosas y algunas xilosas; por el contrario, en las frondosas, principalmente por xilosas y muy pocas manosas.



Representación esquemática de la hemicelulosa

También presentan los grupos H-C-OH, pero no los H-C-CH<sub>2</sub>OH. Por las mismas razones expuestas anteriormente, las hemicelulosas serán también hidrófilas y adherentes a las colas y barnices con grupos polares. No obstante, la menor longitud de sus cadenas hace que no sea un elemento de armado de la pared celular tan importante como la celulosa.

La hemicelulosa está fuertemente afectada por los cambios de humedad, donde sus propiedades de resistencia decrecen con el aumento del contenido de humedad hasta el punto de saturación de la fibra (PSF).

### Principales Componentes de las Hemicelulosas

Principales Componentes de la Hemicelulosa		
Grupo	Monosacáridos	Hemicelulosas
Pentosanos	d - xilosa d - arabinosa d - glucosa	Xilana Arabana Glucosana
Hexanos	d - manosa d - galactosa d - fructuosa	Manana Galactana Fructana
Hexopentosanos	pentosas hexosas	Arabo – galactana Xiloglucana etc.

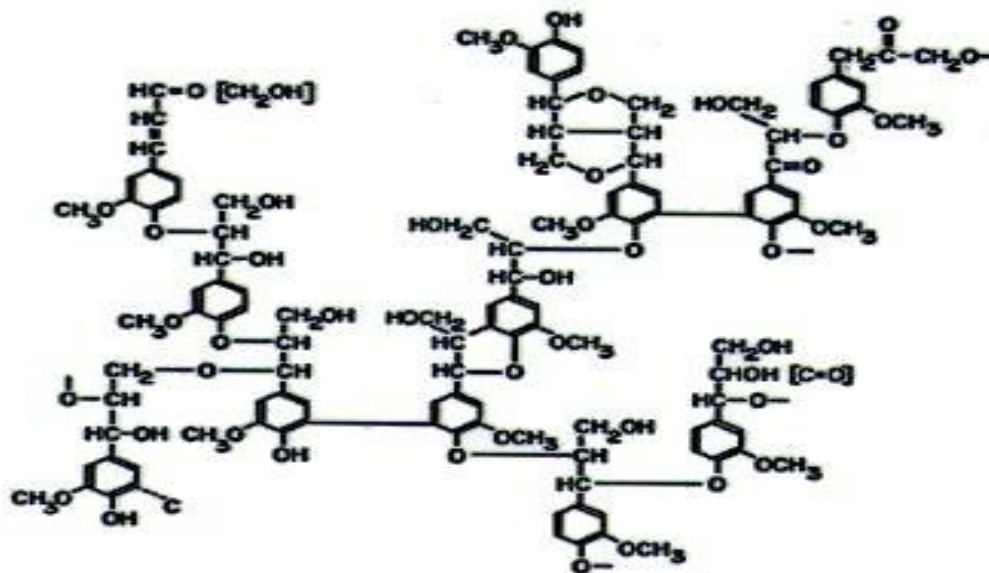
Fuente: Jiménez Peris, F. 1999

- **Lignina**

Los árboles, los más grandes vegetales del mundo podrían, lo mismo que las plantas, alcanzar alturas tan extraordinarias, si sus fustes no estuvieran impregnados de una sustancia de naturaleza polímero especial llamada Lignina la cual tiene una propiedad de aglutinamiento, tal que forma la consistencia fibrosa de sus fustes.

La Lignina se encuentra en los tejidos leñosos de las plantas, revistiendo las células del xilema, donde realiza la función mecánica de sostén. La composición elemental de la Lignina depende de muchos factores, entre ellos, del método utilizado para aislarla. El contenido de carbono varía del 62 al 65 % y el de hidrógeno del 5 al 6 %. La unidad estructural fundamental de la Lignina consiste en radicales fenilpropanos. En esta macromolécula no se repiten las estructuras y enlaces como vimos en la Celulosa.

La lignina es la que da rigidez y resistencia a la compresión a la pared celular. En estado anhidro es un cuerpo rígido (sólido) no elástico.



Se puede apreciar que la resistencia elástica de la Lignina presenta una dependencia directa del contenido de humedad. (Villar Gutiérrez J. Carlos, Madrid, 2008).

### **2.10.2. Componentes Secundarios**

grasas, resinas, aceites, ceras, alcaloides, ácidos grasos, almidón, azúcares, taninos, pigmentos, sustancias minerales, entre otros. Constituida principalmente por celulosa con pequeñas incrustaciones de lignina, debido al mayor empaquetamiento de las fibrillas de celulosa. La pared secundaria presenta tres capas diferenciadas:

S1, capa exterior de la pared secundaria, que es muy delgada. Parece casi seguro que esta capa está formada por varias laminillas en las que las micro fibrillas de cada una de ellas están orientadas en ángulos opuestos.

S2, capa media de la pared secundaria. Esta capa es la más gruesa de las tres capas de la pared secundaria, también compuesta de laminillas, pero no existe evidencia de que haya cruce en la orientación de las micro fibrillas de laminillas adyacentes.

S3, la más interior de la capa secundaria, es la más delgada (algunas veces no existe). (Villar Gutiérrez J. Carlos, Madrid, 2008).

### **2.11. Agentes Biológicos que Causan el Deterioro de la Madera**

La destrucción de la madera es causada especialmente por los animales como los insectos. Los agentes biológicos son los que han mostrado la más alta peligrosidad en la destrucción de los tejidos leñosos, razón suficiente para que se les dé la mayor atención cuando se trata de extender su vida útil en servicio.

Sin embargo, se puede afirmar que cuando un organismo vivo busca un sustrato para obtener de allí su alimento, no siempre va a ser aceptado plenamente, bien sea por presencia de barreras físicas para su penetración o por la existencia de sustancias tóxicas o no agradables para su dieta alimentaria. (Remacha Andrés, de Montes, Madrid, a 2002).



## **2.12. Factores que Influyen en el Desarrollo de los Hongos**

Los hongos, como organismos vivos, requieren la influencia de una serie de factores para llevar a cabo su actividad vital. Estos factores son:

### **2.12.1. Humedad**

La humedad es absolutamente necesaria para la germinación de las esporas, la secreción de enzimas para la desintegración del sustrato leñoso, la absorción y transporte de sustancias nutritivas para el hongo y la constitución de nuevos tejidos, para sobrevivir necesitan madera húmeda como fuente de alimentación. (Remacha Andrés, de Montes, Madrid, año 2002).

### **2.12.2. Temperatura**

En el desarrollo de los hongos, como en el resto de las plantas, la temperatura desempeña un papel importante.

### **2.12.3. Oxígeno**

Los hongos pertenecen al grupo de los organismos aerobios, de tal manera que su respiración es posible cuando existe una cantidad adecuada de oxígeno en la atmósfera.

### **2.12.4. Alimento**

La madera constituye el medio alimenticio más adecuado para los hongos xilófagos mediante el suministro de lignina y celulosa y a través de sustancias de reserva almacenadas en sus cavidades representadas por azúcares y almidones.

### **2.12.5. Valor del PH**

La germinación de las esporas y el crecimiento del micelio dependen en forma considerable del PH. Son los que determinan la presencia del ataque y el grado que éste pueda alcanzar en la madera.

## **2.13. Tipos de Hongos**

### **2.13.1. Hongos Xilófagos**

Los hongos xilófagos son microorganismos pertenecientes al reino vegetal de orden inferior, es decir, son plantas talofitas, no tienen tejidos diferenciados sino lo que se llama pseudotejidos que pueden ser: de producción y de sostén. Dentro de los hongos xilófagos existen tres tipos: Mohos, Hongos Cromógenos y Hongos de Pudrición.

(Remacha Andrés, Montes, Madrid, año 2002).

### **2.13.2. Mohos**

Los mohos son los hongos de humedad, que al igual que los cromógenos, no influyen sobre las propiedades de resistencia mecánica de la madera ya que se desarrollan sobre la superficie de la misma y nunca en su interior, desarrollan su micelio en la superficie de la madera, una vez que sus hifas penetran en su interior, provocan coloraciones o manchas en la madera, las cuales junto con la pelusa blanquecina, se pueden eliminar mediante un cepillado leve. La sustancia de reserva que se deposita en el interior de la célula parenquimática de la albura, es el alimento para estos hongos, por lo que no alteran las propiedades mecánicas de las maderas afectadas; dentro de los géneros más importantes son los de la clase Deuteromycetes: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*. (Brugnoni Hector, Buenos Aires Argentina 1980).

### **2.13.3. Hongos Cromógenos**

Se incluyen en este grupo todos aquellos hongos capaces de producir cambios de coloración en los tejidos de la madera o manchas biológicas, éstas pueden tener coloración negra, azul, roja, marrón y gris. Son organismos que causan cambios de color en la madera, actuando solamente sobre el contenido celular, que no afectan a su estructura leñosa ni producen grandes variaciones en sus propiedades físico-mecánicas.

Éstos, llamados también hongos manchadores, cuyas decoloraciones son debidas a fenómenos ópticos de difracción, se producen por secreciones de los hongos. Por lo general, éstos invaden sólo la albura, modificando el aspecto de la madera que perjudica su utilización en trabajos que requieren acabados finos, barnices, pintura, etc. (Brugnoni Hector, Buenos Aires Argentina 1980).

### **2.13.4. Hongos de Pudrición**

Son hongos que actúan sobre los elementos constituyentes de la pared celular, compuesta de 40 a 60% de celulosa y de 20 a 30% de lignina. Estos hongos viven en el suelo alimentándose de una materia orgánica y restos leñosos cuando la humedad de estas es superior al 22%. Están formados por microscopios filamentos celulares que causan la degradación de la madera por sintetización de los nutrientes que presentan las paredes celulares.

La madera afectada de pudrición se oscurece y pierde rápidamente sus características físico-mecánicas, descomponiéndose y transformándose en un producto inadecuado para los diferentes usos. Existen varios grupos de hongos lignícolas. Unos son saprofitos y viven sobre la madera como parásitos atacando a las células leñosas. Los géneros más importantes se encuentran dentro de la clase Basidiomycetes.(Brugnoni Hector, Buenos Aires Argentina 1980). Los diferentes tipos de pudrición causados por estos hongos son:

- Pudrición parda
- Pudrición blanca
- Pudrición blanda

#### **2.13.5. Pudrición Parda o Destructiva**

El daño que causan estos organismos, es la desintegración en un alto grado, que deja como resultado un residuo pardo que puede fácilmente desmenuzarse con la mano y convertirse en polvo, porque se alimentan principalmente de la celulosa y dejan la lignina casi intacta.

Dentro de los hongos que producen la pudrición parda tenemos aquéllos que atacan a los árboles en pie como ser de las familias Agaricáceas y poliporáceas, cuyas especies son: Ascomicetes piriniales y Basidiomycetes himeniales. Los hongos de pudrición parda que atacan a las maderas apeadas son: ascomicetes esferidaceos y Basidiomycetes himeniales de las mismas familias antes mencionadas, estos últimos son los que pertenecen a la conservación de madera. (Remacha Andrés, Dr. Ing. de Montes, Madrid, año 2002).

#### **2.13.6. Pudrición Blanca o Corrosiva**

Las pudriciones blancas o corrosivas atacan tanto la celulosa como de la lignina, que en conjunto constituyen la mayor parte de la madera, dándole una apariencia fibrosa. El color de la podredumbre no siempre es pardo rojo o blanco, pues, son frecuentes los tonos intermedios, y suele haber una banda oscura en la zona situada entre la parte atacada y sana.

A veces las podredumbres son difíciles de ver, porque avanzan por el corazón de troncos y vigas dejando intactas las capas superficiales. Todo esto pasa entonces

desapercibido hasta que un día el árbol cae o se derrumba la construcción. (Remacha Andrés, Montes, Madrid, año 2002).

### **2.13.7. Pudrición Blanda**

Este tipo de pudrición sólo produce una degradación de naturaleza superficial, o sea, las hifas prefieren perforar la madera longitudinalmente, siguiendo la dirección de las microfibrillas y la madera atacada presenta una coloración como si hubiese sido carbonizada.

### **2.14. Efectos de la Pudrición Sobre las Propiedades de la Madera**

Cuando se desarrollan estos hongos se pueden producir algunas alteraciones importantes en las características, físicas y químicas de la madera afectada, dependiendo del efecto de la intensidad de la pudrición y de los efectos específicos de los organismos atacantes.

Los efectos de estos organismos sobre la madera son:

- Alteración de la composición química
- Reducción de la resistencia
- Disminución del peso
- Modificación del color natural
- Disminución del poder calorífico
- Reducción de la capacidad acústica
- Incremento de la inflamabilidad
- Aumento de la permeabilidad
- Mayor susceptibilidad al ataque de ciertos insectos.

## **2.15. Insectos Xilófagos**

La madera, como es un producto forestal, es utilizada como sustrato por varios grupos de insectos, ya sea por su alimentación o como un medio de refugio para la propagación de los mismos, y éstas son las causas que la madera sufre un gran deterioro. Las galerías que realizan estos insectos no sólo modifican el aspecto estructural de la madera, sino que también pueden alterar grandemente su resistencia mecánica. (Márquez Arlenys, octubre 2008).

Estos organismos tienen características morfológicas y biológicas, por lo que atacan la madera en sus más diversas condiciones, unas atacan a la madera en su estado húmedo y otras cuando la madera están secas. Los grupos de insectos de mayor importancia por la intensidad y frecuencia de los daños que sufre la madera se presentan a continuación.

### **2.15.1. Orden Coleóptera**

Este orden generalmente es de cuerpo endurecido, son insectos muy evolucionados conocidos con el nombre de escarabajos, están provistos de piezas bucales masticadoras, que algunos terminan en una especie de pico. Los coleópteros que atacan a la madera pueden agruparse, según sus requerimientos de humedad, en categorías.

- a) Los que atacan la madera que posee un alto contenido de humedad, mayor al 20% como los de las familias Cerambycidae, Scolytidae y Platypodidae.
- b) Los que atacan madera seca con un contenido de humedad de 15 a 20% limitando normalmente sus daños a la zona de albura como los de las familias Bostrychidae y Lyctidae.

### **2.15.1.1. Familia Cerambycidae**

Son insectos de mediano a gran tamaño que se alimentan de las sustancias de reservas contenidas en las latifoliadas y coníferas. Sus larvas se alimentan de la albura, ocasionalmente del duramen, éstas siempre buscan atacar los anillos de crecimiento más tiernos, quedando las galerías alargadas en el sentido de estos anillos.

Las condiciones que favorecen al ataque de estos insectos son: alto contenido de humedad en la madera, por lo general superior a 20%, solo atacan a los árboles en pie afectados de pudrición o los que estén a punto de secarse por diferentes causas, y a los árboles derribados por el viento.

Los adultos son de forma aplastada que salen de la madera por orificios elípticos muy característicos. Dentro de esta familia existen tres especies muy importantes, tanto por sus daños que producen y a las especies forestales que son atacadas:

- *Hylotrupes bajulus*
- *Phorocanta semipunctata*
- *Ergates faber*

### **2.15.1.2. Familia Lyctidae**

Estos insectos son pequeños que se alimentan principalmente del almidón de la albura con preferencia latifoliadas, limitan sus daños a las especies cuya madera seca de albura contenga vasos de gran diámetro y un contenido de almidón superior al 1,5%. Los daños no producen a la madera ya terminada, o sea, a muebles y otros, sino a la madera con que se ha fabricado estos muebles, por eso la madera atacada no debe ser utilizada al menos que sea tratada con algún producto. La forma de reconocer cuando la madera ésta atacada es por el aserrín finito que sale de sus galerías.

Los Lyctidos tienen un ciclo biológico cuya duración es de un año. De los huevos puestos por las hembras salen las pequeñas larvas que avanzan por los vasos en busca de almidón, y las galerías de salida son de sección circular con un diámetro aproximado de 1,6 mm., la época de vuelo es a principio de primavera y en otoño.

De esta familia los géneros más importantes son los de *Lyctus*, de los cuales tenemos:

- *Lyctus brunneus* steph
- *Lyctus linearis* goez
- *Lyctus pubescens* panz

### **2.15.1.3. Familia Anobidae**

Son insectos que se alimentan de celulosa, los daños más importantes producen a las maderas viejas y secas como vigas, pilares, muebles y otras piezas de madera. A diferencia de las anteriores familias tanto a latifoliadas como a coníferas y lo mismo al duramen que a la albura.

Las galerías son abiertas únicamente por las larvas procedentes de los huevos, que ponen las hembras en alguna rajadura o cualquier lesión que tenga la madera y se las reconoce porque están llenas de aserrín grueso algo granuloso y rugoso al tacto. Las galerías son paralelas a las fibras de la madera y también normales a ella.

El ciclo vital de estos insectos está ligado a las condiciones climáticas y a las propiedades nutritivas de la madera, en ciertos casos puede durar tres o cuatro años.

Las principales especies de esta familia son:

- *Anobium punctatus* de geer
- *Xestobium rufovillosum* woll
- *Oligoremus ptilinoides* de geer



### **2.16.2. Orden Isóptera**

Son también llamados termes, son pequeños que viven en comunidades y se alimentan de la celulosa de la mayoría de las especies forestales en casi todas sus formas: madera aserrada, tableros, papel, tejidos, etc. Estos insectos, llamados vulgarmente, hormigas blancas, destruyen la madera de los edificios viejos, mal conservado y todo tipo de madera puesta en obra ya sea de interior o de exterior que este en contacto con el suelo.

Su organización es análoga a otros insectos sociales como las abejas o las hormigas. En los termes si la pareja real desaparece puede ser reemplazada, por machos o hembras en sustitución, que adquieren la madurez sexual sin pasar por la fase alada.

El hecho que las termitas realizan galerías paralelas a las fibras hace dificultoso detectar en forma temprana su efecto destructor. La clasificación de los termes de acuerdo a su forma de vida, es la siguiente:

- Termes subterráneos
- Termes de la madera seca
- Termes de la madera húmeda

Los termes utilizan la madera con doble propósito, el de obtener cobijo y conseguir alimentación para su crecimiento y multiplicación. El daño producido en la madera es interno, permaneciendo una capa externa protectora intacta, la cual no permite identificarlo, sino hasta que el ataque se encuentre ya en una fase muy desarrollada.

#### **2.16.2.1. Familia kalotermitidae**

Las reinas no tienen hipertrofiado el abdomen, hay numerosos reproductores neoténicos ápteros. Sólo existen falsas obreras; generalmente forman pequeñas colonias en los troncos de los arboles debilitados. Las falsas obreras hacen galerías en la madera o en la tierra, las larvas jóvenes son alimentadas por los sexuados y después por las larvas viejas y las falsas obreras.

Generalmente se encuentran en los viñedos, los termites penetran en los troncos por las heridas de los cortes, las principales especies son:

- *Cryptotermes brevis*
- *Neotermes castaneus*
- *Bursera simaruba*
- *Kalotermes approximatus*
- *Neotermes tectonae*

#### **2.16.2.2. Familia Rhinotermitidae**

Estos comejenes tienen el torso aplanado y presenta fontanela. Son típicamente subterráneos. Desde sus nidos, ubicados bajo tierra, construyen túneles o tubos de material vegetal y tierra, a través de los cuales viajan hacia la madera que no está en contacto con el suelo; cuando hay contacto, la madera es atacada directamente. (Hiza Juan, año 1995).

Por lo general, el ataque se presenta en árboles debilitados por patógenos o por factores bióticos. Las principales especies son:

- *Copptotermes alisae*
- *Copptotermes níger*
- *Heterotermes indicola*

#### **2.17. Importancia de la Preservación**

La madera es un material de innumerables aplicaciones, formado por material orgánico, de la floresta natural o plantaciones realizadas por el hombre, ya que es un recurso renovable. Como todo material, está sujeto al deterioro de su composición por agentes físicos, químicos y biológicos.

La susceptibilidad de la madera al ataque de los organismos destructores, enfatiza la desventaja del uso de la madera sin tratar que al estar expuesta al ataque, ocasiona pérdidas que lleva al deterioro de sus propiedades físicas, orgánicas y químicas.

Existe una gran preocupación por encontrar alguna forma de prolongar la vida útil de la madera en diversas circunstancias de uso. Para esto se realiza un tratamiento con el fin de retardar la descomposición y el deterioro de la madera, lo que viene a ser la preservación. La preservación de la madera incluye todo proceso químico o tratamiento físico que se realiza para prolongar la vida de la madera elaborada, aumentando su resistencia a los ataques biológicos, fuego, contracción y dilatación.

Debido a esto es que la preservación va adquiriendo cada vez mayor atención para prolongar la durabilidad de la madera.

Siempre que la madera esté en contacto con el suelo, el tratamiento es cada vez más importante y necesario como cuando se utilizan maderas provenientes de plantaciones de baja durabilidad natural. También se puede mencionar la madera que se encuentran en la línea de afloramiento, la que está expuesta al ataque de hongos por la presencia de humedad, oxígeno y contacto con el material orgánico en descomposición. (Chávez Abdón, Santiago de Chile 1979).

### **2.17.1. Preservantes de la Madera**

Los preservantes son sustancias químicas que aplicadas apropiadamente a la madera, la protegen de la acción simple o combinada de sus enemigos naturales. Los preservantes pueden ser compuestos químicos puros o mezcla de compuestos que varían en su naturaleza, eficacia, costos y la oportunidad de utilizarlos en condiciones diversas.

Gracias a estos preservantes, la madera es actualmente utilizada en condiciones muy severas, como es el contacto directo con el suelo, con el agua y en climas tropicales. La madera tratada se considera hoy en día como uno de los materiales de larga

duración, para que esto ocurra es muy importante la selección cuidadosa del preservante a utilizar; también se debe tener en cuenta al uso al que se va a destinar la madera preservada. (Cruz Díaz Dionicio, Noviembre 2006).

### **2.17.2. Requerimientos de un Buen Preservante**

Para que una sustancia química pueda ser reconocida como un buen preservante de la madera, debe reunir las siguientes características:

#### **2.17.2.1. Toxicidad**

La toxicidad es fundamental para los preservantes a fin de que puedan controlar o anular la actividad de los elementos biológicos que afectan a la madera. Los preservantes deben transformar a la madera en un material venenoso para los organismos xilófagos que pretenden vivir o desarrollarse en su interior.

#### **2.17.2.2. Penetrabilidad**

La penetración o profundidad que alcanza el preservante en la madera es un factor que depende del grado de viscosidad del producto químico, de las características, del contenido de humedad de la madera y el método para el tratamiento.

#### **2.17.2.3. Permanencia**

La madera tratada debe durar muchos años; por tanto, los componentes tóxicos que poseen los preservantes deben ser de tal naturaleza que puedan fijarse a la madera en forma permanente y así ofrecer una buena garantía.

#### **2.17.2.4. Inocuidad**

Todo preservante debe ser seguro de manipular, no deben exigir otros cuidados que los requeridos por los productos químicos que la componen, y cuando éste presenta riesgo especial, se le debe clasificar como peligroso.

#### **2.17.2.5. No Corrosivos**

Los preservantes no deben ser corrosivos para los metales como (clavos, pernos, equipos).

#### **2.17.2.6. No Combustible**

Las sustancias químicas tóxicas o preservante no deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada. Debe considerarse que el riesgo es menor cuando la madera se trata con productos hidrosolubles y que con los óleosolubles, que están expuestos por la eliminación de exudaciones, son mayores los riesgos a la inflamabilidad.

#### **2.17.2.7. De Fácil Aplicación**

Los preservantes, para su incorporación en la madera no deben ofrecer dificultades y permitir buenos acabados en el material.

#### **2.17.2.8. No Fitotóxicos**

Cuando la madera tratada será utilizada en ciertos cultivos agrícolas, debe tomarse el cuidado de que el compuesto químico no contamine los productos alimenticios.

### **2.17.2.9. Económicos y Accesibles**

El costo de los preservantes influye sobre el valor final de la madera tratada, cuando es muy elevado incide significativamente en el costo del tratamiento. Es muy importante encontrar un preservante que cumpla con todos estos requisitos, pero aquel que cumpla con la mayoría de estos será el más eficiente. (Luis A. Novoa, Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

## **2.18. Clasificación de los Preservantes**

Existen diversas formas de clasificar a los preservantes, pero siempre se toma en cuenta su origen o naturaleza y existen tres tipos de protectores que son:

- Creosotas, proceden de la destilación del alquitrán de hulla.
- Hidrosolubles, su materia activa es soluble en agua.
- Oleosolubles, su materia activa es insoluble en agua y deben emplearse disolventes orgánicos.

### **2.18.1. Creosotas**

La creosota es uno de los preservantes más antiguos y efectivos en la preservación de la madera.

Según la Asociación Americana de Conservación de la Madera (A. W. P. A.), la creosota para la preservación de la madera es destilado de alquitrán de hulla producido por carbonización a temperatura elevada de la hulla bituminosa. Consiste principalmente de hidrocarburos aromáticos sólidos y líquidos, que contiene notables cantidades de ácidos y bases de alquitrán, tiene un alto poder insecticida y fungicida. La protección con creosota es perenne, o sea, la madera es conservada en un tiempo indefinido y sólo es necesario reemplazarla en caso de desgaste físico. (Pérez Sandra Elizabeth, Valenzuela Santiago, 2010).

**Ventajas**

- No es corrosiva para los metales
- Insoluble en agua
- Fácil de determinar la profundidad de penetración debido a su color oscuro
- De alta toxicidad contra hongos e insectos xilófagos
- De alta permanencia en variabilidad de condiciones
- Puede alearse con el petróleo (con su máximo de 50%)

**Desventajas**

- Exuda en madera puesta al sol
- Es fitotóxica
- No se puede pintar ni barnizar
- Arde con mucho humo
- No es aplicable en ambientes donde existe contacto humano

Formas de uso de la creosota son:

- Creosota pura
- Soluciones de creosota en alquitrán de hulla
- Soluciones de creosota en petróleo
- Mezcla de creosota y pentaclorofenol

**2.18.2. Preservantes Inorgánicos**

A este grupo pertenecen las sales metálicas simples, dobles o múltiples, que son solubles en agua. Estos preservadores son los más generalizados en la impregnación de la madera por haber demostrado su eficacia. Están compuestos de materias activas fungicidas e insecticidas, además de un fijador que impide la lixiviación de la madera tratada. (Pérez Sandra Elizabeth Valenzuela Santiago, 2010).

**Ventajas**

- Se conoce su composición química y su porcentaje de preparación
- Se puede transportar en forma solida
- No es fitotóxica
- No mancha
- No aumenta la inflamabilidad de la madera
- No desprende olores desagradables
- Se utiliza agua como disolvente

**Desventajas**

- Al tratar la madera, esta se humedece e hincha, lo cual obliga a no utilizar en algunos casos o volver a secar las piezas tratadas.
- No protegen contra agentes atmosféricos, contra desgastes mecánicos.
- Cáncer a la piel.

Entre los protectores hidrosolubles que han mostrado ser los más eficaces en la conservación de la madera tenemos: Cobre-Cromo-Arsénico (CCA), Cobre-Cromo-Boro (CCB). En el tratamiento se utilizará el protector hidrosoluble (CCA), por la facilidad de aplicación y a su efectividad, este tipo de compuesto puede permanecer en la madera impregnada entre 25-30 años y de esta manera ampliar la durabilidad de la madera.

**2.18.2.1. Cobre-Cromo-Arsénico (sales CCA)**

Estas sales son las que predominan hoy en día en el mercado mundial, poseen el factor oxido más alto, con efectos preventivos contra hongos destructores de la madera. 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 a su efectividad. La durabilidad de la madera tratada con **CCA** supera los 20 años, dependiendo de su uso y de la cantidad de preservante impregnada. 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 los preservantes CCA se unen químicamente a la madera en una reacción de fijación, que consiste en que el cromo reacciona con los componentes de la madera (azúcares), formando una mezcla de compuestos insolubles, involucrando al arsénico y cobre en ellos.

Para la formulación del preservante CCA se utilizan óxidos de estos tres elementos, es decir, óxido de cobre (CUO), óxido de cromo (CrO3) y óxido de arsénico (As2O5). (Novoa Luis A., Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

#### **2.18.2.2. Cobre-Cromo-Boro (sales CCB)**

Estas sales fueron patentadas por el doctor Wolman (Alemania, 1913). Los componentes de las sales CCB combinan la acción fungicida del cobre con la insecticida del boro y el poder de fijación del cromo para evitar la lixiviación. Las sales CCB se fijan más lentamente en la madera que las sales CCA, la madera que ha sido tratada con este preservante deben ser secadas por un lapso de 6 a 8 semanas antes de ponerle en servicio para que así se fijen mejor las sales. Su composición es la siguiente:

- Sulfato de cobre
- Ácido bórico
- Dicromato potasio
- Sulfato ácido de sodio

Estas sales son menos tóxicas, son inofensivas para los seres humanos y animales. Después del tratamiento, la madera adquiere un color verdoso, puede ser barnizada o pintada sin dificultad. Dentro de este grupo de sales hidrosolubles, existen otras de menor importancia, las cuales son menos utilizadas. (Novoa Luis A., Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

### **2.18.3. Preservantes Orgánicos**

Están compuestas de materias activas fungicidas e insecticidas, hidrosolubles que se utilizan disueltas en disolventes orgánicos más o menos volátiles tales como destilados de petróleo y de creosota, aceites vegetales, alcoholes, etc., a los que se añade sustancias hidrófugas. (Cruz Díaz Dionicio, Noviembre 2006).

En este tipo de preservante se destaca por su uso generalizado el pentaclorofenol, siendo un compuesto químico cristalino que se forma por reacción de cloro sobre el fenol, que se lo utiliza en concentraciones alrededor del 5%, muchas de ellas de gran toxicidad para los elementos biológicos. Las principales materias activas empleadas en su preparación son los fenoles clorados; los naftenatos metálicos de cobre y zinc.

Estos productos presentan ventajas y desventajas son:

#### **Ventajas**

- No son corrosivas
- Tienen un gran poder de penetración
- No son inflamables una vez que el solvente se ha evaporado
- Fácil de barnizar y pintar
- Tienen baja solubilidad en el agua, lo que asegura gran permanencia dentro de la madera.

#### **Desventajas**

- Elevado costo, al utilizar disolventes de alto valor
- Produce irritación de la piel y las mucosas
- Aumenta la inflamación de las maderas
- Se puede emplear solo en métodos superficiales

## **2.19. Métodos de Preservación de Maderas**

La preservación consiste básicamente en incorporar a la madera una sustancia química adecuada para controlar el factor alimento de los agentes biológicos destructores.

La elección del método de preservación a utilizar está subordinado a poder conseguir con su técnica de tratamiento, las profundidades de penetración y retenciones de protector requeridas en cada caso. (Cruz Díaz Dionicio, Noviembre 2006).

Los sistemas de tratamiento se dividen en dos procesos:

- Tratamiento sin presión
- Tratamiento con presión

### **2.19.1. Tratamiento Sin Presión**

#### **2.19.1.1. Pincelado y Pulverizado**

Es el método más antiguo utilizado por el hombre para tratar la madera y/o poste, los protectores utilizados son normalmente creosota pura, o combinar con diesel, kerosene y otros disolventes, aceite de petróleo usado de movilidades disuelto con diesel, kerosene; cuando se trata de madera estructural, postes, donde no se pinta ni barniza la madera. Consiste en utilizar un trapo o brocha introducir en el protector preparado y con la mano empezar a pasar por toda la superficie lateral y testa de la madera o poste.

El pincelado es una de las formas más sencillas de conservar la madera, si se cuenta con un elevado número de piezas de madera a tratar, la pulverización obtiene los resultados en cuanto a dosis, productos y grados de penetración análogos a los obtenidos por pincelado, con la diferencia que este último se lo puede realizar en forma más fácil, rápida y económica. (Novoa Luis A., Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

### **2.19.1.2. Inmersión**

Este tratamiento consiste en sumergir la madera en una solución preservante empleando recipientes apropiados, las piezas de madera a tratar se mantienen sumergidas mediante dispositivos que floten. Se divide en:

#### **2.19.1.2.1. Inmersión Breve**

En este tratamiento la madera y el preservante permanecen en contacto por segundos y minutos, aunque el grado de protección conseguido es bastante limitado, pero proporciona un tratamiento eficaz porque queda toda la superficie impregnada, grietas y fisuras.

#### **2.19.1.2.2. Inmersión Prolongada**

Consiste en mantener la madera por horas o días dentro del recipiente de tratamiento. Se ha demostrado ser el más eficaz para el tratamiento de postes para cercas o viñedos. Las absorciones y penetraciones son más rápidas durante las primeras horas de la inmersión, decreciendo luego para hacerse más lenta, pero prolongando el tiempo de tratamiento y aumentando el grado de penetración y retención. (Cruz Díaz Dionicio, Noviembre 2006).

#### **2.19.1.3. Baño Caliente – Frio**

Este tratamiento es considerado uno de los más eficientes dentro de los procesos de impregnación sin presión. Consiste en sumergir la madera durante un tiempo determinado en una solución preservante o en agua caliente y luego en temperatura ambiente. La variación de temperatura entre los dos baños permite conseguir en poco tiempo buenos resultados de tratamiento. Al calentarse la madera el aire que existe en su interior, se expande y sale de ella. Luego, durante el enfriamiento, se produce un

vacío parcial que favorece la penetración y la absorción. (Novoa Luis A., Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

La temperatura requerida por el baño caliente debe ser la más alta posible, pero sin poner en peligro la marcha de la operación o la eficacia del producto químico usado como preservante. Existen tres formas o procedimientos que son:

- Calentar y enfriar en el mismo recipiente madera y protector.
- Calentar la madera más el protector en un recipiente, extraer el protector caliente e introducir otro protector frío.
- Calentar el protector a 60°C e introducir la madera en un recipiente y dejar enfriar.

#### **2.19.1.4. Tratamiento por Difusión**

##### **2.19.1.4.1. Difusión Simple**

Se conoce como difusión el fenómeno por el cual dos soluciones de distinta concentración se transforman en una concentración homogénea. En este método se utiliza madera verde, con un alto contenido de humedad, pueden ser árboles recién cortados.

La materia activa del preservante es absorbida por el agua contenida en la madera, hasta que se establece la misma concentración, dentro y fuera de la madera. La eficiencia del tratamiento estará condicionada al porcentaje de humedad, tipo y espesor de la madera a tratar, como también la concentración y naturaleza del preservante. (Novoa Luis A., Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

##### **2.19.1.4.2. Doble Difusión**

La doble difusión tiene por objeto formar sales de difícil lixiviación dentro de la madera. Esto se logra agregando separadamente en la madera sales o más productos

hidrosolubles que al reaccionar formaran precipitados insolubles al agua. (Cruz Díaz Dionicio, Noviembre 2006).

Los procesos a seguir son los siguientes:

- desecación parcial
- impregnación propiamente dicha
- difusión
- secado final

### **2.19.2. Tratamiento con Presión**

El tratamiento o impregnación a presión – vacío o en autoclave, es el tratamiento más eficaz para conservar las maderas de uso exterior de grandes dimensiones que están expuestas a pudriciones que deben ser colocadas en servicio en contacto con el suelo o con el agua, expuestas a pudriciones por ataque de hongos, insectos, bacterias, etc.

Por los tratamientos a presión pueden ser impregnadas maderas secas, verdes y húmedas, pero con estas dos últimas el procedimiento es muy largo en relación al de madera seca, en el cual el tratamiento bajo presión debe aplicarse a maderas, cuya humedad no excede de 28 a 30%, es decir, por debajo del punto de saturación de las fibras. (Novoa Luis A., Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006). Los procesos a presión se clasifican en:

#### **2.19.2.1. Procedimiento Bethell o Célula Llena**

Mediante este tratamiento se procura inyectar a la madera la mayor cantidad de líquido preservante posible, dejando la máxima concentración del producto químico en la zona tratada. La madera a tratarse mediante este método debe tener un contenido de humedad inferior al 30% y libre de corteza. En la aplicación con hidrosolubles, la retención del preservante puede controlarse con exactitud por regulación de la concentración de la solución y el cálculo previo de la cantidad de solución que deberá

bombearse dentro de la madera, a fin de cumplir con la retención especificada. (Novoa Luis A., Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

#### **2.19.2.2. Procedimiento Rueping**

Este método se emplea para tratamientos en caliente con creosota o pentaclorofenol. Tiene como característica principal, la aplicación de una presión preliminar de aire a la madera. Antes de inyectar el preservante caliente oleosoluble, esta presión inicial suele ser de 4 a 5  $kg/cm^2$ . Luego se llena la autoclave con el producto químico impregnante, de manera que el aire quede aprisionado en la madera. El preservante está contenido en un tanque situado a cierta altura sobre la autoclave, denominado tanque de Rueping y a la misma presión del aire comprimido en la autoclave. Por medio de las tuberías se deja fluir el preservante en la autoclave mientras el aire asciende al tanque Rueping para ocupar el aire que deja el preservante. (Novoa Luis A., Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

#### **2.19.2.3. Procedimiento Lowry**

En este método no se aplica el uso de una presión preliminar de aire, y la introducción del preservante dentro del cilindro se hace por simple gravedad, después se aplica un periodo de presión hasta alcanzar los niveles precisos y por el tiempo necesario, luego el retorno a la presión atmosférica en el autoclave para realizar el vaciado del cilindro y finalmente se practica el vacío final. La acción combinada del vacío final y la presión de aire en las cavidades celulares rechazan una parte del preservante absorbido en el curso de la fase de presión. . (Novoa Luis A., Minnelli A. Bernuy, Lima-Perú Enero, 2006).

## **2.20. Conceptos de Absorción, Penetración y Retención**

### **2.20.1. Absorción**

Es la cantidad total del preservante que queda en la madera después de la impregnación. La absorción depende de varios factores como ser: del sistema de impregnación utilizado, de la humedad y las características de la madera a tratar, de la naturaleza del producto químico preservante.

#### **2.20.1.1. Absorción Líquida**

Cantidad de protector líquido absorbido por la madera. Es un dato de tipo económico que indica el gasto de protector realizado durante el tratamiento. Para obtener un valor confiable de la absorción líquida se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$AL = \frac{P2 - P1}{V}$$

Donde:

AL = Absorción líquida en kg/m<sup>3</sup>

P2 = Peso de la madera después del tratamiento en kg.

P1 = Peso de la madera antes del tratamiento en kg.

V = Volumen de la madera en m<sup>3</sup>

#### **2.20.1.2. Absorción Sólida**

Cantidad de protector sólido absorbido por la madera. si los preservantes empleados en el tratamiento tienen concentración definida, como es el caso de los hidrosolubles o el pentaclorofenol, se aplica la siguiente fórmula:



$$AS = \frac{K2 - K1}{V} * \frac{C}{100}$$

Donde:

AS = Absorción sólida en kg/m<sup>3</sup>.

K2 = Peso después del tratamiento en kg.

K1 = Peso antes del tratamiento en kg.

C = Concentración del preservante en %.

V = Volumen de la pieza en m<sup>3</sup>.

### **2.20.2. Penetración**

Es la profundidad a que llega el preservante dentro de la madera y está influida por el tipo de tratamiento utilizado, las condiciones de la madera y el tipo de preservante. La penetración de una madera puede medirse por la profundidad alcanzada del impregnante. A esta medida se llama generalmente penetración o grado de penetración. Por otra parte el líquido introducido en la madera puede distribuirse, a igual profundidad, de diversas formas según las características de la madera, lo que es denominado tipo de penetración.

Para determinar la penetración, hay que examinar las secciones transversales de las piezas para observar la coloración que haya alcanzado con la impregnación, se debe utilizar sustancias colorimétricas para la identificación de los componentes del preservante.

Cuando se tienen las mismas medidas tanto el ancho como el espesor (a = g) la penetración lateral media se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$PLM = \frac{g \pm \sqrt{Sni}}{2}$$

Donde:

PLM = Penetración lateral media.

g = Ancho de la pieza en mm.

Sni = Superficie no impregnada mm<sup>2</sup>.

Cuando se tiene lecturas distintas en ambas caras (a - g) se utiliza la siguiente fórmula:

$$PLM = \frac{a + g \pm \sqrt{(a - g)^2 + 4 * Sni}}{4}$$

Donde:

PLM = Penetración lateral media.

a = Espesor de la pieza en mm.

g = Ancho de la pieza en mm.

Sni = Superficie no impregnada mm<sup>2</sup>.

### **2.20.3. Retención**

Es la cantidad de óxidos del preservante que ha quedado en la madera después del tratamiento. La absorción es equivalente a la retención y se expresa en kilo por metro cubico. Otros autores definen a la retención como la cantidad de producto químico introducido por unidad de volumen realmente impregnado.

#### **2.20.3.1. Retención Líquida**

Es la cantidad de solución líquida que se ha introducido por unidad de volumen realmente impregnado.

La retención nos permite determinar la cantidad de sales por metro cúbico realmente impregnado. La fórmula a utilizarse es la siguiente:

$$RL = \frac{P2 - P1}{Vi}$$

Donde:

RL = Retención líquida en kg/m<sup>3</sup>.

P2 = Peso después del tratamiento en kg.

P1 = Peso antes del tratamiento en kg.

Vi = Volumen impregnado de la muestra en m<sup>3</sup>.

### 2.20.3.2. Retención Sólida

Es la cantidad de sólido que se ha introducido por unidad de volumen realmente impregnado. Cuando los protectores utilizados en la impregnación tienen concentración definida en porcentaje, la fórmula para determinar la retención sólida es la siguiente:

$$RS = \frac{P2 - P1}{Vi} * \frac{C}{100}$$

Dónde:

RS = Retención sólida en kg/m<sup>3</sup>.

P2 = Peso después del tratamiento en kg.

P1 = Peso antes del tratamiento en kg.

Vi = Volumen impregnado de la muestra en m<sup>3</sup>.

C = concentración del preservante en %

### 2.20.3.3. Volumen Realmente Impregnado (Vi)

Se determina la retención líquida y retención sólida por cada probeta.

$$V_i = 4 * L * P * (a - p)$$

Donde:

$V_i$  = Volumen realmente impregnado.

$L$  = Longitud de la pieza en m.

$P$  = Penetración lateral media m.

$a$  = Ancho de la pieza m.

$g$  = Grosor de la pieza en m.

### CAPÍTULO III

#### CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE MUESTREO

##### 3.1. Descripción de la Zona de Estudio

##### 3.2. Localización

La Comunidad de Río Conchas, se encuentra localizada al sur del departamento de Tarija, en la provincia Arce primera Sección, localizada aproximadamente a 150 Km. distante de la ciudad de Tarija.

Limita al Este con El Río Conchas, al Sur con Tierras fiscales, al Oeste con el Río Salado y Norte con productores privados de la comunidad. Presenta altitudes que varían entre los 800 a 1.000 msnm, con un relieve montañoso y pendientes que por lo general son muy escarpadas.

Geográficamente el área tiene las siguientes coordenadas.

22°20'59,44'' Latitud Sur      64°25'38,45'' Longitud Oeste

22°19'59,21'' Latitud Sur      64°23'49,36'' Longitud Oeste

**Fuente:** Sanchez Patricia 2011

**IMAGEN 1**  
**MAPA DE TARIJA**



**IMAGEN 2**



**Fuente: Ing. José Adel Molina Ramírez**

### **3.3. Accesibilidad**

De acuerdo a la información de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), por el Sur del Departamento de Tarija pasa la red fundamental Ruta 1; carretera

panamericana que une las ciudades de Tarija y Bermejo la misma que sirve como conexión a la República Argentina, está considerada como una carretera internacional, la cual cuenta con cubierta asfáltica (camino de primer orden), desde el kilómetro 73 a la altura de la comunidad de Salado, desde donde se ingresa a la zona o área de estudio, contando con caminos de segundo y tercer orden, que en la época de lluvia se dificulta el acceso por la falta de mantenimiento de los caminos. (Sánchez Patricia, año 2011).

### **3.4. Características Físicas**

#### **3.4.1. Geología**

Según el mapa geológico de Tarija (ZONISIG, 2001), la comunidad Río Conchas pertenece a los periodos Cretácico, Terciario y Cuaternario. La litología dominante está compuesta por limonitas, arcillitas, areniscas, calizas y otras.

El departamento de Tarija presenta tres tipos tectónicos de plegamientos bien definidos que corresponde a las provincias fisiográficas de la Cordillera Oriental, el Subandino y la llanura Chaco Beniense, correspondiendo el área de estudio en este caso a la provincia fisiográfica del Subandino. El plegamiento y fallamiento en las formaciones geológicas son menos complejos en el Subandino. (Sánchez Patricia, año 2011).

#### **3.4.2. Geomorfología**

Según el estudio realizado por el ZONISIG (2001); La provincia fisiográfica del Sub. Andino donde se encuentra la comunidad Río Conchas, está constituida por un conjunto de paisajes dominados por serranías, colinas y valles. Las serranías y colinas del Sub. Andino están orientadas en el sentido Norte-Sur, conformados por

anticlinales estrechos y valles sinclinales más amplios, donde se instalan los ríos más importantes, 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. (Sánchez Patricia, año 2011).

### **3.4.3. Fisiografía**

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. (Patricia Sánchez, año 2011).

### **3.4.4. Suelo**

Según el estudio realizado por (ZONISIG en 2001), los suelos son superficiales a profundos de 30 a 150 cm. Excesivamente drenado a moderadamente bien drenado, materia orgánica superficial en estado de descomposición débil, con presencia de pocos fragmentos en un porcentaje del 2% de formas sub- redondeados, meteorizados de areniscas, limonitas y lutitas.

Los suelos se caracterizan por ser moderadamente profundos a muy profundos, con texturas de franco a franco arenosas, con pH ligeramente ácido a ácido, la fertilidad es moderada. (Segovia Omar, Vasco Marino, Padcaya-Tarija, año 2008-2012).



### **3.5. Características Meteorológicas**

#### **3.5.1. Clima**

El clima de la Comunidad Río Conchas se caracteriza por ser templado a cálido, semi – húmedo, donde los veranos son lluviosos y el otoño con lloviznas persistentes. Los periodos más secos abarcan desde el mes de mayo a septiembre, siendo octubre el mes en que empiezan las precipitaciones, los meses que tienen mayor precipitación son diciembre a marzo, el mes más lluvioso es en enero, con una precipitación promedio anual de 1500 mm / año.

La temperatura media de acuerdo a isotermas es de 21 a 22.4 °C, con una temperatura máxima extrema de 40 °C y una mínima extrema de – 5.5 °C con una humedad relativa promedio de 72% según Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2004).

De acuerdo al mapa Ecológico de Bolivia, la comunidad de Río Conchas se encuentra en una zona transicional del bosque húmedo templado. (Ponce Juan Edgar Ramos Mejía Sebastián año,)

#### **3.5.2. Hidrología**

La Comunidad de Río Conchas forma parte del gran Sistema hidrográfico de la cuenca de La Plata, la que a su vez tiene como parte de ella la cuenca del río Bermejo y ésta tiene como unas de sus subcuencas tributarias a la subcuenca del Río Salado y Conchas donde se encuentra el área de estudio.

La cuenca del río Bermejo en la Cordillera Oriental presenta un relieve accidentado donde la gradiente longitudinal del curso de los ríos adquiere pendientes altas, mayores al 2,5%, 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.

En el Subandino la cuenca del río Bermejo presenta valles amplios como le manifiestan los ríos de Entre Ríos, Salinas, Chiquiaca, Emborozú, Conchas, y Playa Ancha con gradientes menores al 2%. El patrón de drenaje para esta cuenca es subparalelo en la unidad estructural del Sub Andino. (Sánchez Patricia, año 2011).

### **3.6. Características Bióticas**

#### **3.6.1. Vegetación**

Según el informe técnico presentado por el departamento de fitotecnia (2004), perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, el levantamiento florístico preliminar de la EERC, 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: *Diatenopteryx*, *Tabebuia*, *Cedrela*, *Myroxylon*, *Tipuana*, y otros, en alturas de relieve que varían desde los 970 msnm. a los 1150 msnm.

Según Acosta 2004, estos bosques son generalmente densos, mayormente siempre verdes, medios altos, de estructura compleja con dos o tres estratos. El dosel superior presenta abundantes lianas, epifitas y musgos.

De este análisis podemos deducir que la vegetación existente en la Comunidad de Río Conchas corresponde a: Bosque denso siempre verde semideciduo submontano.

Presenta los siguientes estratos de vegetación.

##### **3.6.1.1.Estrato Arbóreo**

Se registran 32 especies arbóreas mayores a 10 cm de DAP, pertenecientes a 20 familias botánicas. Las especies con mayor número de individuos por hectárea es el Chal chal y *Nectandra* sp., siendo a su vez la más frecuente.

Cuadro N° 2 Especies del estrato arbóreo.

Familia	Nombre Científico	Nombre común
Lauraceae	<i>Nectandra sp.</i>	Laurel
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Aguay
Myrsinaceae	<i>Rapanea sp.</i>	Yuruma
Solanaceae	<i>Solanunriparium Pers</i>	Tabaquillo blanco
Sapindaceae	<i>Cupaneavernalis Cambess</i>	Condorillo
	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	Suiquillo
	<i>Allophylusesdulis (St. Hil)</i>	Chal Chal
Rosaceae	<i>Prunustucumanensis Lillo</i>	Duraznillo
Mirtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	Guayabo
	<i>Eugenia uniflora L.</i>	Arrayán
	<i>Blepharocalix gigantea Lillo</i>	Barroso
Polygonaceae	<i>Ruprechtialaxiflora</i>	Membrillo
	<i>Coccolobafiliaceae Lindau</i>	Mandor
Flacourtiaceae	<i>Xilosmapubescens Griseb</i>	Amarillo
Nictaginaceae	<i>Bouganvillea sp.</i>	Huancar
Tiliaceae	<i>Heliocarpus papayanensis</i>	Cascarilla
Euphorbiaceae	<i>Crotondensiflorus</i>	Tabaquillo rosado
Boraginaceae	<i>Patagonula americana L.</i>	Lanza blanca
	<i>Cordia trichotoma (Vell.)</i>	Afata
	<i>Saccellium lanceolatum</i>	Lanza montaña
Rutaceae	<i>Fagara coco (Gill.)</i>	Sauco
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impefiginosa</i>	Lapacho rosado
	<i>Tabebuia heteropoda</i>	Lapacho amarillo
Proteceae	<i>Roupalacataractarum S.</i>	-----
Juglandaceae	<i>Junglans australis Griseb.</i>	Nogal
Meliaceae	<i>Cedrela sp.</i>	Cedrillo
Anacardiaceae	<i>Astronium arundeuva (Fr. All)</i>	Urundel
Leg. Mimosoideae	<i>Anadenanthe racolubrina (Vell)</i>	Cebil
	<i>Inga sp.</i>	Pacay
Leg. Papilionoideae	<i>Lonchocarpuslilloi (Hassler)</i>	Quina blanca
	<i>Tipuana tipu (Benth)</i>	Tipa blanca
	<i>Myroxylon peruiferum L.</i>	Quina colorada

Fuente: (Sánchez Patricia año 2011).

### 3.6.1.2. 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 carthagenensis* Jacq; con 1.714 individuos por hectárea. Esta especie está distribuida en áreas tropicales y sub tropicales en casi todo el mundo (Cabrera, 1993), corroborado por el documento de levantamiento florístico preliminar de la EERC de la UAJMS, ya que la zona de estudio está dentro de las áreas que indica este autor. 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 3,200 individuos por hectárea y un 36,6% de cobertura, a los 1.000 msnm, hay 2,200 individuos por hectárea con una cobertura de 15,1%.

**Cuadro N° 3: Especies del estrato arbustivo.**

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
Solanaceae	<i>Solanum trichoneurom</i> <i>Lillo</i>	-----
Rubiaceae	<i>Psychotria carthagenensis</i> <i>J.</i>	-----
Acanthaceae	<i>Aphelandra sp.</i>	-----
Urticaceae	<i>Urera sp.</i>	-----
Piperaceae	<i>Piper sp.</i>	-----

Fuente: (Sánchez Patricia, año 2011).

### 3.6.1.3. Estrato Herbáceo

La cobertura de este estrato es del 10,3%, y una densidad de 84,167 individuos por hectárea, integrados por la familia Gramineae, Acanthaceae y Asplenidiaceae, destacándose *Oplismenus hirtellus* (L.). Con 24,167 individuos por hectárea siendo muy consumido por el ganado bovino, de aspecto postrado y tallos tenues que les hace accesibles al pastoreo de los animales, su hábitat es en regiones boscosas, a la sombra (Renvoize, 1.998), también se encuentra en este hábitat en todos los lugares sombríos del bosque, sempervirente de la EERC. *Justicia Goudotii* V. A. con 20,000 individuos por hectárea, por las observaciones realizadas es también muy consumida por el ganado bovino encontrándose adaptadas para soportar el ramoneo de los animales. La cobertura y densidad de las especies tienen un ascenso en cuanto a los pisos altitudinales: a 970 msnm existe 26,666 individuos por hectárea y 4% de cobertura a 1.000 msnm. Existen 97,500 individuos por hectárea y 12,2% de cobertura.

**Cuadro N°4 Especies del Estrato Herbáceo**

Familia	Especie	Nombre común
Aspleniaceae	<i>Asplenium sp.</i>	-----
Acanthaceae	<i>Ruellia sp.</i>	-----
	<i>Dicliptera sp.</i>	-----
Maranthaceae	<i>Maranta sp.</i>	-----
Gramineae	<i>Ichnantus</i>	-----
	<i>Oplismenus hirtellus</i>	-----
Acanthaceae	<i>Justicia goudotti</i> V. A.	-----

Fuente: (Sánchez Patricia, año 2011).

### **3.7. Aspectos Socioeconómicos**

#### **3.7.1. Uso Actual de la Tierra**

El uso de la tierra es la ganadería extensiva, seguido del aprovechamiento y uso forestal, plantaciones forestales y cultivos agrícolas (frutícola y anual), 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. (Segovia Omar, Vasco Marino, Padcaya-Tarija, año 2008-2012).

#### **3.7.2. Vías de Comunicación**

De acuerdo a la información de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), por el Sur del Departamento de Tarija pasa la red fundamental Ruta 1; carretera panamericana que une las ciudades de Tarija y Bermejo la misma que sirve como conexión a la República Argentina, está considerada como una carretera internacional, la misma cuenta con cubierta asfáltica.

El ingreso a la comunidad de Río Conchas, se lo hace por el cruce el Salado a través de un camino vecinal el que en épocas de lluvia se toma intransitable debido a las redes de drenaje existentes como el Río Salado y el Río Conchas, como también a los derrumbes, que se producen por las altas y constantes precipitaciones en periodo de lluvias. La distancia aproximada desde la carretera cruce el Salado hasta la Comunidad de Río Conchas es de 22 kilómetros. (Sánchez Patricia, año 2011).

#### **3.7.3. Población**

Según el mapa de Densidad Demográfica del ZONISIG (2001), la comunidad de Río conchas posee una densidad de población baja, lo cual significa que tiene un rango

de 0-7 habitantes por kilómetro cuadrado, quiere decir que tiene un asentamiento de población menor a los 783 habitantes.

#### **3.7.4. Educación**

La educación en la zona no alcanza los niveles secundarios y superiores además de que la infraestructura existente es muy precaria.

La asignación de maestros es deficiente y el proceso de enseñanza a los niños se dificulta por las distancias de los hogares a las escuelas. Esta serie de dificultades inciden la prevalescencia de un elevado índice de analfabetismo.(Ing. Sánchez Patricia, año 2011).

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1. Materiales**

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

##### **4.1.1. Materiales de Campo**

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

##### **4.1.2. Materiales de Aserradero**

- Sierra sin fin
- Sierra circular
- Cepilladora
- Flexómetro
- Escuadra de carpintería
- Marcadores
- Planillas de registro



### **4.1.3. Material de Laboratorio**

- Recipiente de 110 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

### **4.1.4. Material de Gabinete**

- Material de escritorio.
- Normas COPANT, AWPA A3-71

## **4.2. Métodos**

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

### **4.2.1. 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, vigueta 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
- Selección de las viguetas dentro de las trozas
- Obtención de las probetas dentro de las viguetas
- Selección, codificación y secado de las probetas

**Fuente:** Norma COPANT 458

#### **4.2.1.1. Definición de la Población**

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

#### **4.2.1.2. Selección de la Zona**

La existencia de especies forestales como *Diatenopteryx Sorbifolias*, ubicadas en la Comunidad de Río Conchas 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. Dividiendo el área en tres bloques y cada bloque se subdivide en tres parcelas.

#### **4.2.1.3. Selección de los Árboles**

Se seleccionó 10 árboles de cada parcela elegida al azar, teniendo un total de 30 árboles, y de cada parcela se eligió al azar 3 árbol 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. teniendo un total de 9 árboles extraídos de la zona.

#### **4.2.1.4. Selección de las Trozas**

Se realizó el apeo, desramado y se dividió el árbol en secciones de 1,7 m, los cuales serán marcados con pintura desde la parte inferior a la superior de la troza, para poder identificarlos rápidamente. Las trozas se elegirán por sorteo, anotando todos los datos de cada troza en planillas.

#### **4.2.1.5. Selección de las Viguetas Dentro de las Trozas**

Las viguetas se obtuvieron de los tablonces centrales y laterales, las cuales serán de 6,5 cm de sección transversal, teniendo en cuenta la escuadría adecuada para una buena orientación de los anillos de crecimiento y dirección de las fibras y para darle sección transversal será de 5\*5 cm.

#### **4.2.1.6. Obtención de las Probetas Dentro de las Viguetas**

Se procedió a transportar las trozas hacia el aserradero, para la preparación de las probetas tomando en cuenta la correcta orientación de los anillos de crecimiento y dirección de las fibras para evitar resultados incorrectos. Se realizó de acuerdo a la norma, que tendrán una dimensión de 5\*5\*50 cm, (normas COPANT 458).

Para realizar el tratamiento, siempre evitando los defectos que puedan presentarse en las probetas como nudos, indicios de pudrición, rajaduras, etc.

Finalmente se procedió a realizar el cepillado y grueseado de cada una de las muestras.

#### **4.2.1.7. Selección, Codificación y Secado de las Probetas**

Se obtuvo en total 20 probetas, con el objeto de poder identificar cada una de las probetas se debe tener un cuidado único en la codificación de las mismas, de manera

que sea clara y sencilla que permita ubicarla cuando se realice el ensayo. El código debe estar escrito claro y grande, utilizando la siguiente nomenclatura:

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, para que la madera logre alcanzar en forma rápida un contenido de humedad inferior al 30%, punto de saturación de las fibras, para su tratamiento.

#### **4.2.1.8. Determinación del Contenido de Humedad**

La determinación del contenido de humedad se realizó, “Por el método de las pesadas y secado en horno”

#### **4.2.1.9. Control del Contenido de Humedad**

El control del contenido de humedad se realizó en forma periódica; es decir, desde el inicio mismo de la obtención del material de estudio. Realizando el control de pesaje cada 4 días durante 16 días hasta obtener el 18 % de contenido de humedad.

## **4.2.2. Estudio del Tratamiento por Inmersión Prolongada Caliente- Frío**

### **4.2.2.1. Elección del Tratamiento**

El tratamiento empleado por el método caliente – frío, exige una inversión fuerte en sales, reactivos, equipos e instalaciones, por ser el tratamiento más eficaz para conservar maderas de uso exterior que estén en contacto con el suelo o con el agua.

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Tecnología de la Madera, propiedad de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales U. A. J. M. S., para este estudio se utilizó la sal hidrosoluble CCA. de fabricación americana, elaborada sobre la base de óxido de cobre, cromo y arsénico. Esta sal hidrosoluble, como su nombre lo indica, es soluble en agua, lo que facilita la preparación de la solución. Además la madera tratada puede ser pintada o barnizada.

### **4.2.2.2. Descripción del Preservante**

Se utilizó sal hidrosoluble CCA, a base de Cromo, Cobre y Arsenio, de alto poder fungicida, con efectos preventivos contra hongos destructores de la madera. Son los preservantes más ampliamente usados en el ámbito mundial, debido a su gran capacidad de fijación en la madera, la facilidad de aplicación y su efectividad. La durabilidad de la madera tratada con CCA supera los 20 años, dependiendo de su uso y de la cantidad de preservante impregnado. 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, los preservantes CCA se unen químicamente a la madera en una reacción de fijación, que consiste en que el cromo reacciona con los componentes de la madera (azúcares), formando una mezcla de compuestos insolubles, involucrando al arsénico y cobre en ellos.

Para la formulación del preservante CCA se utilizan óxidos de estos tres elementos, es decir, óxido de cobre ( $\text{Cu O}$ ), óxido de cromo ( $\text{Cr O}_3$ ) y óxido de arsénico ( $\text{As}_2\text{O}_5$ ).

#### **4.2.2.3. Concentración de la Solución**

Se utilizó el preservante disuelto en agua a una concentración de 3,5%, después de secar la madera es posible pintar y barnizar a base de resinas sintéticas.

#### **4.2.2.4. Aplicación del Tratamiento**

Para el tratamiento por inmersión prolongada caliente- frío, se realizó los siguientes pasos:

- Se realizó la medición de las dimensiones y el pesaje de las probetas antes de introducir en el recipiente.
- Se sumergieron las 20 probetas en el recipiente, teniendo en cuenta que estén separadas unas de las otras, luego con la ayuda del peso de un cuerpo metálico se ha presionado sobre las probetas para evitar que floten en la superficie del recipiente de tratamiento.
- Para el manipuleo de las probetas en contacto con el protector se usó guantes de goma, máscaras para la debida protección.
- Cada 7 días se realizó el control del pesaje durante 42 días y 22 horas.
- Finalizado el proceso de duración del tratamiento, se extrae las muestras del líquido, posteriormente se realiza el pesaje de cada probeta después del tratamiento.

#### **4.2.2.5. Clasificación de los Tratamientos**

Las determinaciones que se realizarón para llegar a la clasificación de maderas por sus características de preservación, son las siguientes:

#### 4.2.2.5.1. Determinación de la Absorción Líquida - Sólida

La determinación de la absorción se realizó por la diferencia de pesos antes y después del tratamiento, utilizando la siguiente fórmula.

$$AL = \frac{P2 - P1}{V}$$

Donde:

AL = Absorción líquida en kg/m<sup>3</sup>

P2 = Peso de la madera después del tratamiento en kg.

P1 = Peso de la madera antes del tratamiento en kg.

V = Volumen de la madera en m<sup>3</sup>

En el caso de que el preservante empleado en el tratamiento, tenga una concentración definida como el que se utilizó en la investigación, la fórmula a utilizarse es la siguiente:

$$AS = \frac{K2 - K1}{V} * \frac{C}{100}$$

Donde:

AS = Absorción sólida en kg/m<sup>3</sup>.

K2 = Peso después del tratamiento en kg.

K1 = Peso antes del tratamiento en kg.

C = Concentración del preservante en %.

V = Volumen de la pieza en m<sup>3</sup>.

Una vez que se ha determinado el valor de A, por las fórmulas antes mencionadas, la clasificación de la madera según su capacidad de absorción, se efectúa utilizando una escala.

#### 4.2.2.5.2. Determinación de la Penetración

Esta determinación se realizó cortando la probeta de 2 cm en la parte central, se observó a simple vista la coloración que ha tomado la parte impregnada, se diluye 0,5 gramos de cromo azurol (indicador) en 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada, se aplica la solución sobre la muestra recién preparada para determinar la penetración del cobre, dando a la parte tratada una coloración azul.

Para clasificar el tipo de penetración se utilizó una escala según su tipo de penetración.

Cuando se tienen las mismas medidas tanto el ancho como el espesor ( $a = g$ ) la penetración lateral media se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$PLM = \frac{g \pm \sqrt{Sni}}{2}$$

Donde:

PLM = Penetración lateral media.

$g$  = Grosor de la pieza en mm.

$Sni$  = Superficie no impregnada mm<sup>2</sup>.

Cuando se tiene lecturas distintas en ambas caras ( $a \neq g$ ) se utiliza la siguiente fórmula:

$$PLM = \frac{a + g \pm \sqrt{(a - g)^2 + 4 * Sni}}{4}$$

Donde:

PLM = Penetración lateral media.

$a$  = Ancho de la pieza en mm.

$g$  = Grosor de la pieza en mm.

$Sni$  = Superficie no impregnada mm<sup>2</sup>.



#### 4.2.2.5.3. Determinación de Retención Líquida - Sólida

La retención nos permite determinar la cantidad de sales por metro cúbico realmente impregnado. La fórmula a utilizarse es la siguiente:

$$RL = \frac{P2 - P1}{Vi}$$

$$RS = \frac{P2 - P1}{Vi} * \frac{C}{100}$$

Donde:

RL = Retención líquida en kg/m<sup>3</sup>.

P2 = Peso después del tratamiento en kg.

P1 = Peso antes del tratamiento en kg.

RS = Retención sólida en kg/m<sup>3</sup>.

Vi = Volumen impregnado de la muestra en m<sup>3</sup>.

V = Volumen total de la muestra en m<sup>3</sup>.

C = Concentración del preservante%

#### 4.2.2.5.4. Volumen Realmente Impregnado (Vi)

Se determinó la retención líquida y retención sólida por cada probeta. La fórmula a utilizarse es la siguiente:

$$Vi = 4 * L * P * (a - p)$$

Donde:

Vi = Volumen realmente impregnado.

L = Longitud de la pieza en m.

P = Profundidad de la penetración del protector m.

a = Ancho de la pieza m.

g = Grosor de la pieza en m.

## CAPÍTULO V

### PROCESAMIENTO DEL ENSAYO

#### 5.1. Propiedades Físicas

##### 5.1.1. Determinación del contenido de humedad

Para la determinación del contenido de humedad se realizó, “Por el método de las pesadas y secado en horno” para cada una de las probetas; en la realización de éste se utilizó una balanza de 0.01 gr. de precisión, un horno que permitió regular la temperatura hasta  $60 \pm 2$  °C.

Las probetas se introdujeron en el horno, la misma que contenía un termorregulador, que cada 48 horas, se fue incrementando la temperatura en forma gradual hasta llegar a los 60°C, hasta que los pesos consecutivos fueron constantes, para luego extraerse las probetas y dejarlos en un desecador para posteriormente proceder a determinar los pesos registrándose en la planilla correspondiente. Con los datos obtenidos se calculó el Contenido de Humedad por medio de la siguiente fórmula.

$$CH = \frac{Ph - Po}{Po} * 100\%$$

**Donde:**

**CH** = Contenido de humedad en porcentaje.

**Ph** = Es el peso de la madera húmeda en gramos.

**Po** = Es el peso anhidro de la madera (seca en horno), en gramos.

Así por ejemplo, se registraron los datos en sus respectivas planillas, donde se vio como disminuía el contenido de humedad de la madera, el cual llegó a tener un promedio (P) de 18,05 % de humedad cuando se realizó el tratamiento. Para lograr una buena penetración del protector el contenido de humedad debe llegar al promedio mencionado.

**CUADRO N°5: Dimensiones, Pesos para Determinar el Contenido de Humedad  
(CH) de probetas de la especie (*Diatenopteryx Sorbifolia*).**

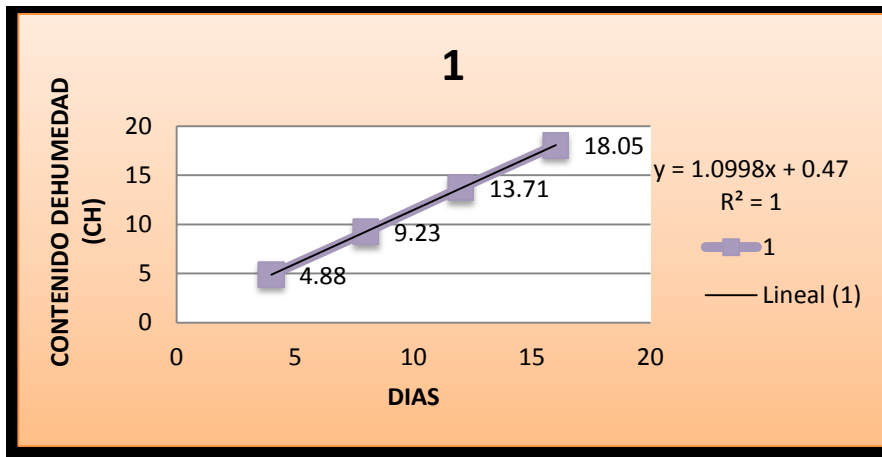
N° de Probetas	Dimensiones			Peso Verde Fecha 10-09-2012	Peso Seco Fecha 13-09-2012	Peso Seco Fecha 17-09-2012	Peso Seco Fecha 21-09-2012	Peso Seco Fecha 25-09-2012
	a (cm)	b (cm)	l (cm)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
A1-P1	5	5	50	1410	1310	1260	1228	1200
A1-P2	5	5	50	1470	1410	1370	1310	1245
A1-P3	5	5	49,8	1461	1325	1295	1270	1235
A1-P4	4,9	5	49,8	1421	1365	1300	1240	1210
A1-P5	5	5	50	1500	1440	1390	1315	1270
A1-P6	5	5	50	1520	1445	1395	1335	1290
A1-P7	5	4,8	50	1477	1405	1360	1300	1250
A1-P8	5	5	49,9	1419	1350	1300	1250	1200
A1-P9	5	5	50	1431	1375	1300	1246	1215
A1-P10	4,8	5	50	1440	1385	1315	1270	1220
A2-P11	5	5	50	1456	1400	1345	1295	1240
A2-P12	5	5	50	1421	1370	1308	1250	1205
A2-P13	5	5	50	1455	1400	1345	1292	1230
A2-P14	5	5	50	1499	1425	1375	1330	1280
A2-P15	4,8	5	50	1430	1375	1320	1270	1212
A2-P16	5	4,9	50	1455	1395	1320	1255	1228
A2-P17	4,9	5	50	1415	1365	1305	1250	1197
A2-P18	5	4,9	50	1440	1375	1312	1260	1220
A2-P19	5	5	49,9	1420	1360	1310	1255	1200
A2-P20	5	5	50	1498	1425	1370	1320	1270

CUADRO N° 6: Datos del Contenido de Humedad (CH) %. Ejemplo

$$CH = \frac{Ph - Po}{Po} * 100\% = \frac{1410 - 1200}{1200} * 100\% = 17,5\%$$

N° DE PROBETAS	CONTENIDO DE HUMEDAD Fecha 10-09-2012- 13-09-2012	CONTENIDO DE HUMEDAD Fecha 10-09-2012- 17-09-2012	CONTENIDO DE HUMEDAD Fecha 10-09-2012- 21-09-2012	CONTENIDO DE HUMEDAD Fecha 10-09-2012- 25-09-2012
	%	%	%	%
A1-P1	7,63	11,90	14,82	17,5
A1-P2	4,25	7,30	12,21	18,07
A1-P3	10,26	12,82	15,04	18,29
A1-P4	4,10	9,30	14,59	17,44
A1-P5	4,17	7,91	14,07	18,11
A1-P6	5,19	9,00	14,00	17,83
A1-P7	5,12	9,00	13,62	18,16
A1-P8	5,11	9,15	13,52	18,25
A1-P9	4,07	10,08	14,85	17,77
A1-P10	4,00	9,51	13,39	18,03
A2-P11	4,00	8,25	12,43	17,41
A2-P12	4,00	8,64	13,68	19,92
A2-P13	4,00	8,18	12,62	18,29
A2-P14	5,19	9,01	12,71	17,10
A2-P15	4,00	8,33	12,60	17,98
A2-P16	4,30	10,23	15,94	18,48
A2-P17	4,00	8,43	13,20	18,21
A2-P18	4,73	9,76	14,29	18,03
A2-P19	4,41	8,40	13,15	18,33
A2-P20	5,12	9,34	13,48	17,95
PROMEDIO	4,88	9,23	13,71	18,05
DIAS	4	8	12	16

### GRÁFICA N°1 CONTENIDO DE HUMEDAD (CH %)



#### 5.1.2. Densidad Básica.

También conocida como Peso Específico Básico, es la relación del peso de la madera anhidra o seca a 0% de humedad y su volumen en verde. La densidad básica es utilizada para la clasificación de las maderas según se presenta en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 7: Clasificación de las Maderas Según su Peso**

Densidad básica g/cm <sup>3</sup>	Grupo
< 0,25	Muy liviana
0,25 – 0,39	Liviana
0,40 – 0,59	Mediana
0,60 – 0,75	Pesada
> 0,75	Muy pesada

#### Calculando la Densidad Básica

$$D. B. = \frac{P.S.H.}{V.V.} = 0,723 \text{ gr/cm}^3$$

D.B.= Densidad básica (gr/cm<sup>3</sup>)

P.S.H. = Peso de la probeta en estado seco al horno gr.

V.V.= Volumen de la probeta en estado verde (cm<sup>3</sup>)

## 5.2. ABSORCIÓN

**CUADRO N° 8: Procesamiento de Datos de la especie *Diatenopteryx Sorbifolia* (Suiquillo) Con un tiempo de (42 días y 22 horas), Inmersión Prolongada.**

N° Probetas	Dimensiones			Peso Inicial	Peso Final	Volumen	Diferencia de Pesos
	Ancho (m)	Espesor (m)	Longitud (m)	(kg)	(kg)	(m <sup>3</sup> )	(kg)
A1-P1	0,05	0,05	0,5	1,200	1,364	0,0012	0,164
A1-P2	0,05	0,05	0,5	1,245	1,410	0,0012	0,165
A1-P3	0,05	0,05	0,498	1,235	1,400	0,0012	0,165
A1-P4	0,049	0,05	0,498	1,210	1,365	0,0012	0,155
A1-P5	0,05	0,05	0,5	1,270	1,432	0,0012	0,160
A1-P6	0,05	0,05	0,5	1,290	1,450	0,0012	0,160
A1-P7	0,05	0,048	0,5	1,250	1,410	0,0012	0,160
A1-P8	0,05	0,05	0,499	1,200	1,365	0,0012	0,165
A1-P9	0,05	0,05	0,5	1,215	1,380	0,0012	0,165
A1-P10	0,048	0,05	0,5	1,220	1,370	0,0012	0,150
A2-P11	0,05	0,05	0,5	1,240	1,405	0,0012	0,165
A2-P12	0,05	0,05	0,5	1,205	1,370	0,0012	0,165
A2-P13	0,05	0,05	0,5	1,230	1,392	0,0012	0,162
A2-P14	0,05	0,05	0,5	1,280	1,441	0,0012	0,161
A2-P15	0,048	0,05	0,5	1,212	1,360	0,0012	0,148
A2-P16	0,05	0,049	0,5	1,228	1,390	0,0012	0,162
A2-P17	0,049	0,05	0,5	1,197	1,360	0,0012	0,163
A2-P18	0,05	0,049	0,5	1,220	1,382	0,0012	0,162
A2-P19	0,05	0,05	0,499	1,200	1,365	0,0012	0,165
A2-P20	0,05	0,05	0,5	1,270	1,435	0,0012	0,165

Antes de realizar los cálculos se debe obtener, sus dimensiones (ancho, espesor y longitud) de cada una de las probetas y su peso antes y después del tratamiento en (kg), estos datos se registraron en sus respectivas planillas.

### 5.2.1. Cálculo de la Absorción Líquida y Sólida

Para el cálculo de la Absorción Líquida (AL) y Absorción Sólida (AS), se realizó por la diferencia de pesos antes y después del tratamiento, aplicando las siguientes formulas:

$$AL = \frac{P2-P1}{V} \qquad AS = \frac{P2-P1}{V} * \frac{C}{100}$$

Donde:

AL = Absorción líquida en kg/m<sup>3</sup>

AS = Absorción sólida en kg/m<sup>3</sup>.

P2 = Peso de la madera después del tratamiento en kg.

P1 = Peso de la madera antes del tratamiento en kg.

V = Volumen de la madera en m<sup>3</sup>

C = Concentración del preservante en %.

Ejemplo, para la probeta **A1-P1** los cálculos se hicieron con los datos del cuadro N°8, aplicando el siguiente procedimiento:

$$AL = \frac{1,364 \text{ kg} - 1,200 \text{ kg}}{0,00125 \text{ m}^3} = 131,20 \text{ kg/m}^3$$

$$AS = \frac{1,364 \text{ kg} - 1,200 \text{ kg}}{0,00125 \text{ m}^3} * \frac{3,5}{100} = 4,60 \text{ kg/m}^3$$

**CUADRO N° 9: Tabla de Resultados de Absorción Líquida y Sólida**

<b>N° Probetas</b>	<b>ABS. LÍQ.</b>	<b>ABS. SÓL.</b>
	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>A1-P1</b>	131,20	4,60
<b>A1-P2</b>	132,00	4,60
<b>A1-P3</b>	132,53	4,60
<b>A1-P4</b>	127,03	4,40
<b>A1-P5</b>	129,60	4,50
<b>A1-P6</b>	128,00	4,40
<b>A1-P7</b>	133,33	4,70
<b>A1-P8</b>	132,66	4,60
<b>A1-P9</b>	132,00	4,60
<b>A1-P10</b>	125,00	4,40
<b>A2-P11</b>	132,00	4,60
<b>A2-P12</b>	132,00	4,60
<b>A2-P13</b>	129,60	4,50
<b>A2-P14</b>	128,80	4,50
<b>A2-P15</b>	123,33	4,30
<b>A2-P16</b>	132,24	4,60
<b>A2-P17</b>	133,06	4,70
<b>A2-P18</b>	132,24	4,60
<b>A2-P19</b>	132,26	4,60
<b>A2-P20</b>	132,00	4,60



### 5.3. Cálculo de Penetración Lateral Media (mm)

**CUADRO N° 10: Tabla de Datos de Superficie no Impregnada (Sni)**

N° Probetas	Dimensiones			Superficie no impregnada
	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (m)	(mm <sup>2</sup> )
A1-P1	50	50	0,50	2110
A1-P2	50	50	0,50	2064
A1-P3	50	50	0,49	2010
A1-P4	49	50	0,49	2020
A1-P5	50	50	0,50	2060
A1-P6	50	50	0,50	2020
A1-P7	50	48	0,50	2117
A1-P8	50	50	0,49	2008
A1-P9	50	50	0,50	2004
A1-P10	48	50	0,50	2000
A2-P11	50	50	0,50	2075
A2-P12	50	50	0,50	2120
A2-P13	50	50	0,50	2060
A2-P14	50	50	0,50	2020
A2-P15	48	50	0,50	2000
A2-P16	50	49	0,50	2015
A2-P17	49	50	0,50	2030
A2-P18	50	49	0,50	2085
A2-P19	50	50	0,49	2078
A2-P20	50	50	0,50	2075

Para determinar la penetración, se obtuvieron de la parte transversal una sección de 2 cm. de ancho de cada probeta, se aplicó el reactivo Cromo Azurol y presentando una coloración oscura que es la penetración del cobre; para determinar la penetración lateral media, se debe obtener la superficie no impregnada (Sni) que es calculada con el planímetro. Se procedió a realizar el calcado en papel cebolla de cada probeta las partes impregnadas y se realizó el planimetrado con el instrumento ya mencionado. Se debe tomar en cuenta, que no es lo mismo el ancho que el espesor en la realización de los cálculos.

Cuando se tiene las mismas medidas tanto el ancho como el espesor ( $a=g$ ), la penetración lateral media se calcula mediante la siguiente relación matemática:

$$PLM = \frac{g \pm \sqrt{Sni}}{2}$$

**Donde:**

PLM = Penetración lateral media. (mm)

g = Ancho de la pieza en mm.

Sni = Superficie no impregnada mm<sup>2</sup>.

Ejemplo, para la probeta **A1-P1** los cálculos se hicieron de la siguiente manera:

$$PLM = \frac{50 \text{ mm} - \sqrt{2110 \text{ mm}^2}}{2} = 2,034 \text{ mm}$$

**CUADRO N° 11: Tabla de Resultados Penetración Lateral Media**

<b>N° Probetas</b>	<b>P.L.M.</b>
	<b>(mm)</b>
<b>A1-P1</b>	2,034
<b>A1-P2</b>	2,284
<b>A1-P3</b>	2,583
<b>A1-P4</b>	2,028
<b>A1-P5</b>	2,306
<b>A1-P6</b>	2,528
<b>A1-P7</b>	1,994
<b>A1-P8</b>	2,595
<b>A1-P9</b>	2,617
<b>A1-P10</b>	1,639
<b>A2-P11</b>	2,224
<b>A2-P12</b>	1,978
<b>A2-P13</b>	2,306
<b>A2-P14</b>	2,528
<b>A2-P15</b>	1,639
<b>A2-P16</b>	2,556
<b>A2-P17</b>	1,972
<b>A2-P18</b>	2,169
<b>A2-P19</b>	2,207
<b>A2-P20</b>	2,224

#### 5.4. Cálculo del Volumen Realmente Impregnado ( $V_i$ )

Estos datos son calculados para determinar la retención líquida y retención sólida, para cada probeta.

Probeta de sección cuadrada:

$$V_i = 4 * L * P * (g - p)$$

**Donde:**

$V_i$  = Volumen realmente impregnado  $m^3$ .

$L$  = Longitud de la pieza en m.

$P$  = Penetración lateral media en m.

$a$  = Altura de la pieza m.

$g$  = Ancho de la pieza en m.

Ejemplo, para la probeta **A1-P1** los cálculos se hicieron de la siguiente manera:

$$V_i = 4 * 0,5 \text{ m} * 0,0020 \text{ m} * (0,05 \text{ m} - 0,0020 \text{ m}) = 0,00019 \text{ m}^3$$

**CUADRO N° 12: Tabla de Resultados Volumen Impregnado**

<b>N° Probetas</b>	<b>V.I.</b>
	<b>(m<sup>3</sup>)</b>
<b>A1-P1</b>	0,00019
<b>A1-P2</b>	0,00022
<b>A1-P3</b>	0,00024
<b>A1-P4</b>	0,00019
<b>A1-P5</b>	0,00022
<b>A1-P6</b>	0,00024
<b>A1-P7</b>	0,00018
<b>A1-P8</b>	0,00025
<b>A1-P9</b>	0,00025
<b>A1-P10</b>	0,00016
<b>A2-P11</b>	0,00021
<b>A2-P12</b>	0,00019
<b>A2-P13</b>	0,00022
<b>A2-P14</b>	0,00024
<b>A2-P15</b>	0,00016
<b>A2-P16</b>	0,00024
<b>A2-P17</b>	0,00019
<b>A2-P18</b>	0,00020
<b>A2-P19</b>	0,00021
<b>A2-P20</b>	0,00021

### 5.5. Cálculo de la Retención Líquida y Sólida

La Retención Líquida nos permite determinar la cantidad de sales por metro cúbico realmente impregnado. La Retención Sólida es la cantidad de sólido que se ha introducido por unidad de volumen realmente impregnado. Cuando los protectores utilizados en la impregnación tienen concentración definida en porcentaje, la fórmula a utilizarse es la siguiente:

$$RL = \frac{P2-P1}{Vi} \qquad RS = \frac{P2-P1}{Vi} * \frac{C}{100}$$

**Donde:**

RL = Retención líquida en kg/m<sup>3</sup>.

RS = Retención sólida en kg/m<sup>3</sup>.

P2 = Peso después del tratamiento en kg.

P1 = Peso antes del tratamiento en kg.

Vi = Volumen impregnado de la muestra en m<sup>3</sup>.

C = Concentración del preservante en %

Ejemplo, para la probeta **A1-P1** los cálculos se hicieron de la siguiente manera:

$$RL = \frac{1,364 \text{ kg} - 1,200 \text{ kg}}{0,00019 \text{ m}^3} = 841,02 \text{ kg/m}^3$$

$$RS = \frac{1,364 \text{ kg} - 1,200 \text{ kg}}{0,00019 \text{ m}^3} * \frac{3,5}{100} = 29,43 \text{ kg/m}^3$$

**CUADRO N° 13: Tabla de Resultados de Retención Líquida y Sólida**

N° Probetas	RET. LÍQ.	RET. SÓL.
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )
A1-P1	841,02	29,43
A1-P2	756,88	26,49
A1-P3	676,23	23,67
A1-P4	798,97	27,96
A1-P5	736,36	25,77
A1-P6	666,67	23,33
A1-P7	874,31	30,60
A1-P8	670,73	23,47
A1-P9	665,32	23,29
A1-P10	943,39	33,01
A2-P11	774,65	27,11
A2-P12	873,02	30,56
A2-P13	736,36	25,77
A2-P14	670,83	23,48
A2-P15	936,70	32,78
A2-P16	683,54	23,92
A2-P17	862,43	30,18
A2-P18	798,02	27,93
A2-P19	781,99	27,40
A2-P20	774,65	27,11

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

#### 6.1. Análisis Estadístico

Debido a que la madera es parte del árbol y que proviene de cualquier parte basal, media o alta de albura y duramen no diferenciado elegidos al azar y con la finalidad de que los resultados alcanzados luego de ejecutado el ensayo en un determinado tiempo, tengan un marco de confianza para que puedan ser aplicados dentro de unos determinados límites de probabilidad, se realizó un procesamiento de la información obtenida para determinar los parámetros estadísticos como: La Media, Desviación Estándar, Coeficiente de Variación, Error Típico de la media e intervalo de confianza, con la utilización de las siguientes fórmulas:

##### 6.1.1. Media Aritmética:

$$X = \frac{\sum xi}{n}$$

##### 6.1.2. Desviación Estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

##### 6.1.3. Coeficiente de Variación:

$$C.V. = \frac{S}{X}$$



**6.1.4. Error Típico de la Media:**

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

**6.1.5. Límite de Confianza:**

$$LC = X \pm (t \cdot S_x)$$

En esta fórmula “t” es un factor que depende de (k-1) y que tiene los siguientes valores para una seguridad estadística de 95%.

K - 1	2	3	4	5	7	9	14	19	&
t (k-1)	4,30	3,18	2,78	2,57	2,37	2,26	2,15	2,09	1,96

Presentamos en los siguientes cuadros el análisis estadístico:

**CUADRO N° 14: Análisis Estadístico Penetración Lateral Media**

N° Probetas	Media	Desv. Std.	Coef. De Variación	Error Típico	Intérvalo de confianza (95%)
A1-P1-P10	2,26	0,33	0,15	0,10	1,83
A2-P11-P20	2,18	0,27	0,12	0,09	1,79

**A1: Árbol uno – P1: Probeta**

**A2: Árbol dos – P11: Probeta**

Los resultados obtenidos del análisis, como se observa en el cuadro; por lo que podemos deducir que las diferencias son significativas. Al no existir casi diferencia entre probetas existe una relativa homogeneidad entre las probetas utilizadas en el estudio.

**CUADRO N° 15: Análisis Estadístico de Absorción Líquida**

<b>N° Probetas</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Std.</b>	<b>Coef. De Variación</b>	<b>Error Típico</b>	<b>Intervalo de confianza (95%)</b>
<b>A1-P1-P10</b>	130,34	2,81	0,022	0,89	126,51
<b>A2-P11-P20</b>	130,72	2,95	0,023	0,93	126,72

Los resultados obtenidos del análisis, como se observa en el cuadro; por lo que podemos deducir, al no existir diferencias significativas entre probetas existe una relativa homogeneidad entre las probetas utilizadas en el estudio.

**CUADRO N° 16: Análisis Estadístico de Absorción Sólida**

<b>N° Probetas</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Std.</b>	<b>Coef. De Variación</b>	<b>Error Típico</b>	<b>Intervalo de confianza (95%)</b>
<b>A1-P1-P10</b>	4,54	0,11	0,024	0,035	4,39
<b>A2-P11-P20</b>	4,56	0,11	0,024	0,035	4,41

Los resultados obtenidos del análisis, como se observa en el cuadro; por lo que podemos deducir, al no existir diferencias significativas entre probetas existe una relativa homogeneidad entre las probetas utilizadas en el estudio.

**CUADRO N° 17: Análisis Estadístico de Retención líquida**

<b>N° Probetas</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Std.</b>	<b>Coef. De Variación</b>	<b>Error Típico</b>	<b>Intérvalo de confianza (95%)</b>
<b>A1-P1-P10</b>	762,99	98,84	0,13	31,25	628,61
<b>A2-P11-P20</b>	789,22	83,44	0,11	26,39	675,74

Los resultados obtenidos del análisis, como se observa en el cuadro existen diferencias altamente significativas entre las probetas utilizadas en el estudio.

**CUADRO N° 18: Análisis Estadístico de Retención sólida**

<b>N° Probetas</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Std.</b>	<b>Coef. De Variación</b>	<b>Error Típico</b>	<b>Intérvalo de confianza (95%)</b>
<b>A1-P1-P10</b>	26,70	3,46	0,13	1,09	22,01
<b>A2-P11-P20</b>	27,62	2,92	0,11	0,92	23,66

Los resultados obtenidos del análisis, como se observa en el cuadro existen diferencias altamente significativas entre las probetas utilizadas en el estudio.

## CAPÍTULO VII

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 7.1. Resultados del Tratamiento con Sal CCA

El comportamiento de la madera sometida a tratamiento preservador por inmersión prolongada caliente-frío en soluciones acuosas de sal hidrosoluble CCA al 3,5% de concentración ha sido deficiente. Si se considera la densidad básica, se puede decir que la madera al presentar densidad alta ubicándose dentro de la clasificación como madera dura fue difícil de impregnar. Esto explica la casi nula absorción y penetración en la madera de Suiquillo (*Diatenopteryx Sorbifolia*).

Los resultados obtenidos del tratamiento, permitieron clasificar a la madera como difícil de tratar (DT). Por ser una madera dura, ubicándose dentro del grupo como madera pesada.

##### 7.1.1. Contenido de Humedad

Se determinó en tanto por ciento de peso seco en estufa y peso verde, en el cual se llegó a obtener un promedio de: 18,05 % de contenido de humedad, antes del tratamiento.

##### 7.1.2. Densidad Básica

El resultado obtenido en su estado (seco al horno), es determinado mediante la relación entre el cociente del peso sobre el volumen de la probeta, obteniéndose un

promedio de:  $0,723 \text{ gr/cm}^3$ , por tanto corresponde que presenta una densidad alta, ubicándose dentro del grupo de maderas pesadas.

### **7.1.3. Penetración Lateral Media (P.L.M.) mm.**

El tratamiento realizado en la madera de Suiquillo con sales CCA, donde se obtuvo una penetración parcial vascular, en un período de 42 días y 22 horas, obteniendo un valor promedio de 2,22 mm de profundidad que penetró el preservante en la sección media transversal de las probetas. El comportamiento de la penetración durante el ensayo se basó en la escala de la norma AWWA N° A3-71. Resultados que clasificaron a la madera como difícil de tratar (DT).

### **7.1.4. Absorción Líquida y Absorción Sólida $\text{kg/m}^3$ .**

Los resultados obtenidos de la madera de Suiquillo, presenta una densidad alta, por tanto al ser una madera dura, fue difícil su impregnación. Esto explica por la casi nula absorción del preservante en la madera, en un período de 42 días y 22 horas.

Las absorciones líquidas en la madera es baja; presenta un promedio de  $130,54 \text{ kg/m}^3$ , obtenida por cálculo de diferencia de pesos, las cuales fueron clasificadas como absorciones malas (AM), dentro del rango de 100 a  $149 \text{ kg/m}^3$  recomendado por la norma AWWA N° A3-71.

Mientras las absorciones sólidas en la madera es baja con un promedio de  $4,55 \text{ kg/m}^3$ , obtenida por cálculo de diferencia de pesos, las cuales fueron clasificadas generalmente como absorciones malas (AM), dentro del rango de  $4 - 8 \text{ kg/m}^3$  de productos activos/ $\text{m}^3$ , según la norma AWWA N° A3-71, resultados que clasificaron a la madera como difícil de tratar (DT).

### **7.1.5. Retención Líquida y Retención Sólida kg/m<sup>3</sup>**

Los resultados obtenidos de la madera de Suiquillo, clasificada según su densidad como madera dura; de difícil impregnación, en un período de 42 días y 22 horas. El estudio realizado a la madera utilizando concentraciones de 3,5 % de sal CCA, se obtuvo un promedio de retención líquida de 776,10 kg/m<sup>3</sup>, obtenida por cálculo de diferencia de pesos.

Para la determinación de la retención sólida, se obtuvo un promedio de 27,16 kg/m<sup>3</sup>, obtenida por cálculo de diferencia de pesos.

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1. Conclusiones

Concluido el trabajo de investigación, se llega a las siguientes conclusiones, de acuerdo a las estipulaciones de la Calificación de Maderas.

- 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 densidad básica promedio obtenida es de  $0,723 \text{ gr/cm}^3$ , que es un indicador de calidad de la madera, por lo cual se clasifica como una especie dura.
- La penetración lateral media, de acuerdo a normas y especificaciones técnicas en un tiempo de 42 días y 22 horas; es de tipo parcial vascular (PV), la penetración sigue elementos de conducción.  
La penetración obtenida permite clasificar la madera de *Diatenopteryx Sorbifolia*, en función de su permeabilidad, como madera difícil de tratar (DT).
- La absorción sólida es de  $4,55 \text{ kg/m}^3$ , de acuerdo a normas y especificaciones técnicas en un período de 42 días y 22 horas, se clasifica como madera de absorción mala (AM), obteniendo la capacidad de absorción en el rango de  $4 - 8 \text{ kg/m}^3$ .

- La absorción líquida es de 130,54 kg/m<sup>3</sup> de acuerdo a normas y especificaciones técnicas en un período de 42 días y 22 horas se clasifica como madera de absorción mala (AM), obteniendo la capacidad de absorción en el rango de 100 – 149 kg/m<sup>3</sup>.
- En la clasificación de especies según su tratabilidad se ubican en el grupo de madera que son difíciles de tratar (DT), porque tienen absorción sólida menor a 8 kg/m<sup>3</sup> de ingredientes activos según las normas AWWPA N° A3-71.
- Se llega en la conclusión de que se trata de una madera dura que no requiere de mucho tratamiento para su aplicación en postes de cercos, pudiendo ser utilizada en forma natural por su resistencia.



## 8.2. Recomendaciones

De los resultados obtenidos en el tratamiento, para determinar la impregnación de la madera *Diatenopteryx Sorbifolia* (Suiquillo) y de acuerdo a los requisitos que deben cumplir las maderas basándose en la clave para clasificar las mismas, nos permitimos hacer las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que las probetas analizadas, tengan las secciones correctas, no presenten defectos como ser: rajaduras, torceduras, abarquillamiento, nudos, etc., para obtener resultados más correctos.
- Debido a que la especie estudiada es dura, se recomienda que la impregnación se efectúe a vacío - presión en autoclave, para obtener resultados más precisos.
- Se recomienda el uso de maderas duras, como la especie experimentada, para la aplicación de postes de cercos y viñedos, ya que son maderas de larga duración, y no requieren de tratamiento. Para asegurar una larga durabilidad natural, se recomienda pintar, o agregar aceite o kerosén superficialmente.
- Para realizar tratamientos de inmersión prolongada, las probetas analizadas no deben contener la parte de la médula, debido a su baja resistencia.
- El preservante CCA es de alta toxicidad, por lo que se debe tener presente 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 que las probetas se orienten longitudinalmente en los recipientes, con la finalidad de obtener mayor absorción.