

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Bolivia cuenta con una diversidad de riqueza florística, entre ellas las especies arbóreas andinas como la queñua y quishuara que se encuentran distribuidas en diferentes pisos ecológicos a lo largo de la región alto andina entre las altitudes de 3.800 a 5.200 m.s.n.m. de los departamentos de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca, Oruro, Potosí y Tarija (Cruz, 1999). *Polylepis* es económicamente importante porque posee múltiples usos. Constituye una fuente de leña para la cocción de alimentos y madera para la construcción de corrales, mangos de herramientas y dinteles. La corteza posee propiedades medicinales para curar enfermedades respiratorias, renales y en la artesanía se utiliza como tinte para teñir tejidos. Los bosques son zonas utilizadas para el pastoreo del ganado doméstico nativo (ovejas, vacas y cabras) y zonas de cultivo de maíz, papa y cebada, entre otros.

El territorio de Tarija tiene 4 pisos ecológicos, entre ellas, la zona alta del departamento, es eminentemente alto andino con elevaciones que superan los 3000 msnm, donde la vegetación está compuesta mayormente de praderas de pastos duros, Tholares y relictos de bosques de Queñua establecido como la única especie arbórea, que se desarrolla en forma natural en este ecosistema semiárido con elevaciones altas (Hurtado, 2018).

A través del presente trabajo, se pretende contribuir al mejor conocimiento de la madera de la especie Queñua (*Polylepis tomentella Wedd*), con la finalidad de proveer de bases técnicas que permitan la incorporación de nuevas especies al mercado de consumo, desarrollando actividades de producción maderera, que cubran las demandas del mercado de consumo, ya sean productos maderables como no maderables.

El desconocimiento de las características anatómicas de la madera de grandes números de especies forestales, esto hace que la mayoría de las veces, se incurra a un uso inapropiado, lo que repercute en un rendimiento durante su vida útil, ya que no reúne las características y propiedades requeridas para la aplicación a las que se destinan.

Cada árbol es distinto a los otros individuos, incluso dentro del mismo árbol las características y propiedades físicas de la madera varían con la posición en relación al eje y la altura sobre el nivel del mar, (Vignote, 2006).

1.2. JUSTIFICACIÓN

Las especies forestales maderables son plantas valiosas comercialmente, debido a que estos generan ingresos económicos, además pueden ser utilizadas para la fabricación de bienes como son, construcción de corrales, mangos de herramientas, también trabajos manuales y otros.

La información sobre las especies forestales nativas es escasa, lo cual obliga a buscar nuevas especies que puedan ingresar al mercado maderero mediante estudios específicos que permitieran identificar los probables usos de la madera como así sus beneficios que brindan.

El trabajo permite obtener los conocimientos anatómicos que se tiene de la especie de estudio, si bien la especie es componente de la vegetación existente en la zona y poco conocida; es necesario conocer la estructura anatómica y sus propiedades organolépticas tendientes a la identificación de posibles otros usos, principalmente en la comunidad.

1.3. HIPÓTESIS

Las características anatómicas de la especie Queñua (*Polylepis tomentella Wedd*), permitirá la identificación de las características microscópicas, macroscópicas y organolépticas de la madera, para determinar los usos más adecuados y eficientes de la especie.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema del presente estudio es por la falta de conocimiento de las características organolépticas, macroscópicas y microscópicas de la especie Queñua (*Polylepis tomentella Wedd*).

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Determinar las propiedades anatómicas de la madera de la especie Queñua (*Polylepis tomentella* Wedd), mediante la aplicación de la NORMA PANAMERICANA COPANT MADERAS, con el fin de recomendar los posibles usos adecuados de la especie, procedente de la comunidad de Ramadas, Municipio de Yunchará del departamento de Tarija.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Identificar las Características Macroscópicas y Microscópicas de la madera de la especie Queñua (*Polylepis tomentella* Wedd), mediante los cortes trasversal, tangencial y radial, según las NORMAS COPANT MADERAS 30:1-19-mayo de 1974.
- Describir las Características Organolépticas (Color, olor, sabor, brillo, textura, grano y vetado) de la especie en estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. PROPIEDADES ANATÓMICAS DE LA MADERA

2.1.1. La madera

Se denomina madera a la sustancia orgánica vegetal más o menos dura compacta y fibrosa que se extrae de los árboles, es un conjunto de tejidos del floema que forman el tronco, las raíces y las ramas de los vegetales leñosos, incluida la corteza. La madera no es un material homogéneo, sino que está formada por un conjunto de células especializadas en tejidos que llevan a cabo las 3 funciones fundamentales del vegetal: conducción de la savia, la transformación y almacenamiento de los productos vitales y el sostén del vegetal. (Cozzo,1979).

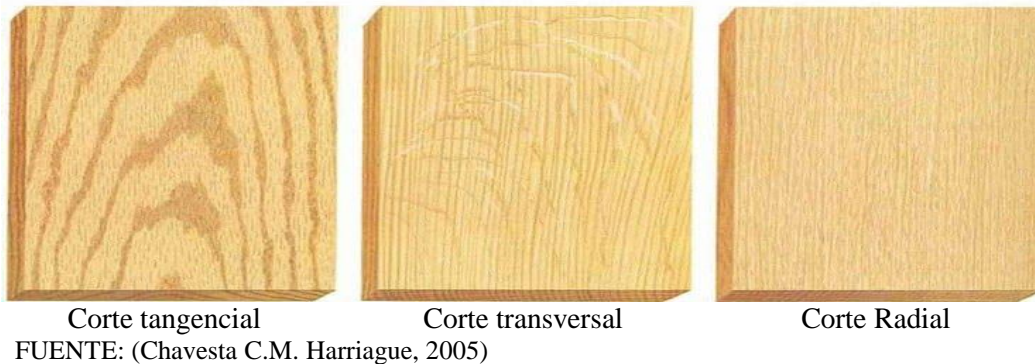
2.1.2. Tipos de secciones o cortes

Un corte efectuado en forma normal al eje del fuste nos dará una sección transversal o normal, si actúa paralelo al eje y a distancia constante se obtiene una sección tangencial, y si por último el corte pasa por el eje totalmente tendremos una sección radial o axial. (Cozzo, 1979).

Estas 3 secciones nos indican, adecuadamente las características de la madera y las particularidades de la especie, como se puede observar en la siguiente imagen.

- Corte transversal
- Corte tangencial
- Corte radial

Imagen N° 1: Tipos de secciones o cortes

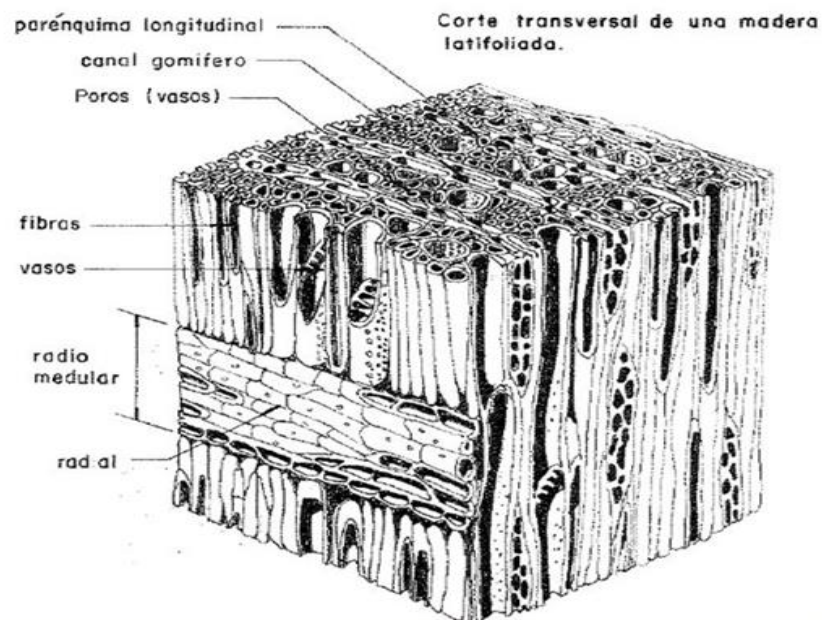


2.2. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS

Descripción de la estructura, el tamaño y la forma de los tipos de tejido que presenta la madera, visible con microscopio, la cual nos permite identificar maderas basándose en su estructura anatómica, como se puede observar en la siguiente imagen.

Las células de parénquima tienen funciones de almacenamiento. Su forma es rectangular dispuesta fundamentalmente en el eje transversal radial. (Cruz, 2004).

Imagen N° 2: Estructura microscópica



FUENTE: (Chavesta C.M. Harriague, 2005)

2.2.1. Vasos

La presencia de vasos en una madera es un factor indicativo de su pertenencia al grupo de las Frondosas o Latifoliadas. Los vasos son auténticos tubos de conducción de agua y sabia dentro del tejido vegetal, que se extienden en el sentido longitudinal del árbol, y están formados por el empalme longitudinal de células, cada una de las cuales recibe el nombre de elemento vascular.

2.2.2. Placas de perforación

Perforaciones simples. La membrana de la punteadura se reabsorbe completamente, dejando libre el paso entre los elementos vasculares.

Perforaciones escalariformes. La reabsorción de la membrana en la punteadura se hace en forma de ranuras dejando entre ellas unas barras que las separan entre sí.

Perforación foraminada o cribosa. La reabsorción de la membrana de la punteadura se hace en varios puntos, lo que da un aspecto de colador al tabique de separación. (García, 2003).

2.2.3. Fibras

Son células de las latifoliadas, que van constituyendo el mayor porcentaje de su leño y con función única de sustentación. Su proporción en el volumen total y el espesor de sus paredes influyen directamente en el peso específico, grado de variación volumétrica e indirectamente en las propiedades mecánicas de la madera. Las fibras son células alargadas y estrechas, de extremidades afiladas que se parecen ligeramente a las traqueidas del leño tardío de Coníferas, de las que se diferencian por ser más cortas, puntiagudas y con pocas y pequeñas puntuaciones. (Cruz, 2004).

Células de parénquima. Son los encargados del soporte del organismo, de la secreción de muchos compuestos, como resinas, taninos, hormonas, enzimas y néctar azucarado, del transporte y almacenamiento de sustancias, así como de la propia fotosíntesis. Son las más abundantes, pero las menos especializadas del organismo vegetal.

Células de colénquima. - Dotadas de una sola pared primarias, están vivas durante la madures y son típicamente alárgalas, lo que les brinda tracción, flexibilidad y resistencia a los tejidos, es decir, son células de soporte estructural plástico.

Células de esclerénquima. - Son células vivas, rígidas, cuyas paredes secundarias poseen lignina, haciéndose impermeables. En la madurez de la planta suelen estar ya muertas, sin citoplasma, dejando únicamente una cavidad central vacía. Su rol principal es defensivo y de apoyo mecánico.

Células de xilema. -Son células que conducen agua y minerales disueltos desde las raíces hacia los tallos y hojas, proporcionan sostén estructural. Las células del xilema pueden ser de dos tipos: traqueidas y elementos de vasos, estos los que conducen el agua y minerales disueltos, están enormemente especializadas para la conducción.

Células de floema. - Son células que conducen materiales alimenticios, esto es carbohidratos en disolución que se forman en la fotosíntesis a lo largo de la planta y brindan un sostén estructural. Pueden ser de dos tipos: alimentos de tubo criboso y células acompañantes. Los tubos cribosos están unidos de extremo a extremo para formar largos tubos cribosos, están vivos en la madurez, pero muchos de sus organelos, incluidos núcleo, vacuola, mitocondrias y ribosomas, se desintegran o encogen conforme maduran. Los elementos cribosos están entre las pocas células eucariotas que pueden funcionar sin núcleo. Las células acompañantes es una célula, completa, con un núcleo. Se cree que este núcleo dirige las actividades, tanto de la célula acompañante y como el elemento de tubo criboso.

Células epidermis. – En la mayoría de las plantas, la epidermis consiste en una sola capa de células aplanadas. Las células epidérmicas usualmente no contienen cloroplastos, por lo tanto, son transparentes, de modo que la luz puede penetrar en los tejidos interiores de tallos y hojas. Tanto en los tallos y hojas, los tejidos fotosintéticos se encuentran debajo de la epidermis, las células epidérmicas de las partes aéreas segregan una cutícula cerosa sobre la superficie de sus paredes exteriores; esta capa cerosa restringe enormemente la pérdida de agua de las superficies vegetales. A medida que una planta leñosa sigue aumentando en circunferencia, muda su epidermis y

expone el peridermis, que forma la corteza exterior de los tallos y raíces más viejos. Forman estructuras complejas compuestas de células de corcho y células parenquimatosas de corcho. Las células de corcho mueren en la madurez, sus paredes están cubiertas con una sustancia llamada suberina, que ayuda a reducir la pérdida de agua. Las células parenquimatosas de corcho funcionan principalmente como almacenamiento.

2.2.4. Estructura Ultramicroscópica: Composición de la Pared Celular

Según Cruz M. 2006. La membrana celular está formada por tres capas, una externa muy delgada denominada pared intercelular o laminilla media, otra también denominada pared primaria, otra media muy gruesa denominada pared secundaria y por último una interna, también muy delgada denominada terciaria.

La pared celular, se comprueba que las paredes están a su vez formadas por unas fibras orientadas en sentido variable según la capa que se trate, separadas entre sí, pero unidas a través de un material amorfo denominado **lignina**. Cada fibra esta a su vez formada por fibras elementales y estas por **cadena de celulosa**.

Las fibras elementales están dispuestas en parte de forma ordenada y en parte de forma desordenada, dando la primera un carácter elástico a la madera, mientras que la segunda le proporciona un carácter plástico.

La constitución de cada una de estas paredes es la siguiente:

-Pared intercelular o laminilla media. Está formado por lignina y algo de hemicelulosa dispuesta de forma irregular. Constituye un elemento de cohesión entre células para formar tejidos.

-Pared primaria. Es una pared delgada constituida principalmente por microfibrillas incrustadas en un fondo de lignina en forma desordenada formando un ángulo muy grande respecto al eje de la célula.

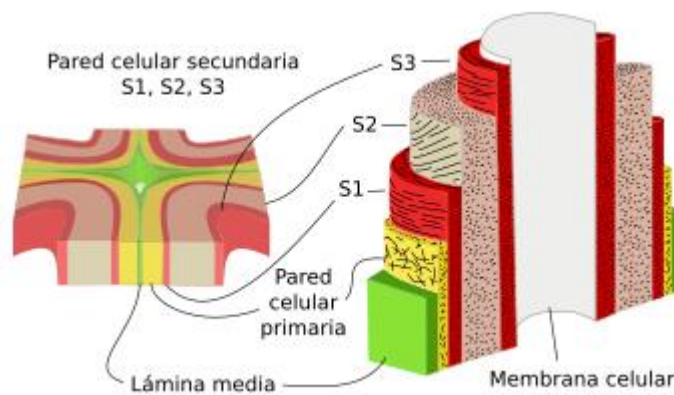
-Pared secundaria. Está constituida fundamentalmente por microfibrillas incrustadas en pequeñas proporciones de lignina. Las microfibrillas están orientadas según tres subcapas.

Capa 1: Muy delgada, las fibrillas están orientadas según los ángulos opuestos de entre 70° y 90° .

Capa 2: Esta capa es la más gruesa y por tanto la que más influencia tiene en el comportamiento de la madera. En esta subcapa las fibrillas tienen muy poca inclinación respecto del eje de la celulosa, no sobre pasando los 30° .

Capa 3: Esta capa muy delgada incluso inexistente tiene fibrillas orientadas con un ángulo muy grande con respecto al de la célula de entre 70° y 80° , en sentido contrario al de la capa 2, como se puede ver en la siguiente imagen.

Imagen N° 3: Composición de la pared celular



Fuente: Morfología de plantas vasculares, 2002

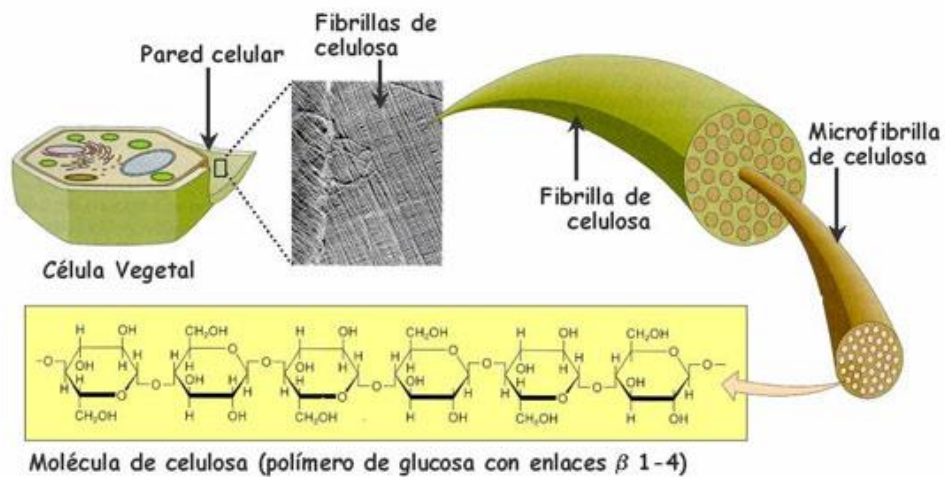
La madera está formada por una serie de tubos dispuestos en dirección del eje del árbol, estando formados esos tubos por cadenas de células ligadas entre sí por un material denominado lignina. Ya que la madera está formada por tubos constituidos por barras de celulosa (cadena de celulosa) inmersos en hormigón (lignina).

La madera está formada fundamentalmente por células, hemicelulosa y por lignina. A estos componentes químicos principales se debe añadir un ligero porcentaje de otras sustancias tales como terpenos, ácidos resinosos, etc.

Las características principales de estas sustancias son las siguientes:

-Celulosa: Es un polímero lineal homogéneo, polisacárido, formado por unidades de celobiosa, ($C_6H_{10}O_5$) unidos en número variable entre 7.000 a 13.000 mediante puentes de hidrogeno y fuerzas de Van der Waals, lo que justifica su extraordinario resistencia. La molécula de celulosa tiene una longitud de 5 micras con zonas amorfas y zonas cristalinas. Es destacable la existencia de grupos H-C-OH y H-C-CH₂OH que dan un carácter polar a la celulosa entre si formando las fibrillas elementales, se puede ver en la siguiente Imagen.

Imagen N° 4: Molécula de la celulosa



Fuente: Morfología de plantas vasculares, 2002

-Hemicelulosa: Al igual que la celulosa es un polímero lineal polisacárido en donde la unidad es muy variable, pudiendo ser pentanosos o hexanosos. El grado de polimerización es mucho más pequeño que en la celulosa (su resistencia), siendo solo de entre 70 a 200 unidades, por tanto, contribuyen la polaridad de la madera.

Las hemicelulosas se pueden unir entre sí o con las cadenas de celulosa, normalmente en la superficie de las microfibrillas.

-Lignina: Es un polímero tridimensional amorfo compuesto de unidades de fenilpronano C_6-C_3 . No dispone de grupos polares, lo que le da un carácter hidrófobo a la madera. Es una sustancia bastante inerte, existiendo escasos organismos que se

alimenten de ello, lo que sin duda proporciona una gran durabilidad a la madera, cuanto mayor sea el contenido en esta sustancia.

La lignina rodea las microfibrillas sirviendo de unión entre estas y permitiendo que trabajen solidariamente.

-Sustancias de impregnación: Son muchos los tipos de sustancias de impregnación que tiene la madera, variables con los tipos de especies. La función de estas sustancias en el árbol es muy compleja, aunque en general están ligadas a prevención de ataques de organismos patógenos.

Las sustancias más comunes son las siguientes:

-Ácidos resinicos: Son sustancias de fórmula empírica $C_{20}H_{30}O_2$, cuyos compuestos más importantes son los siguientes:

-Ácido de tipo abietico (ácido levopimarico, ácido abietico, ácido neoabietico y ácido palustrico).

-Ácidos de tipo pimarico (ácidos dextropimarico y ácido ixopimarico).

-Terpenos: Son sustancias de fórmula general $C_{10}H_{16}$ cuyos compuestos más importantes son Pineno, Canfeno, Limoneno, Terpinoleno Careno.

-ceras: Bajo la denominación de ceras se agrupan polímeros heterogéneos que son el resultado de la mezcla de diferentes constituyentes, entre los que predominan.

-Hidrocarburos saturados lineales de fórmula $CH_3-(CH_2)-CH_3$ a los que se unen cadenas muy largas con un número impar (21-37) de átomos de carbono.

-Esteres resultantes de la combinación de un ácido y un alcohol, ambos alifáticos y con cadenas superiores a C_{18} hasta C_{32} y otros compuestos de aparición más esporádica.

-Taninos materias nitrogenadas y sustancias colorantes: Las proporciones de estas sustancias suelen ser muy pequeñas.

-Componentes básicos de la madera: Todas las sustancias tienen una proporción muy diferentes según especies, pero en elementos anatómicos básicos de la madera apenas

varía con las especies. La proporción es la siguiente, podemos observar en el siguiente cuadro.:

Cuadro N° 1: Composición básica

| ELEMENTO | PORCENTAJE (%) |
|-----------------|-----------------------|
| Carbono | 48.0 al 52.0 |
| Hidrógeno | 5.8 al 6.2 |
| Oxígeno | 41.5 al 45.5 |

(SANTIAGO VIGNOTE PEÑA, 2006)

2.3. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA MADERA

Las características organolépticas de las maderas están conformadas por lo siguiente: (Ibarra, 1998).

2.3.1. Color

Desde el punto de vista de la identificación de maderas, el color presenta apenas una importancia secundaria, pues este se altera con el contenido de humedad, se oscurece, generalmente, cuando es expuesto al aire debido a reacciones químicas resultantes de la oxidación de componentes orgánicos presentes en el leño, varía también entre el duramen, albura y finalmente, es susceptible a alteraciones artificiales, por medio de pinturas y de coloraciones.

También pueden causar variaciones locales en el color, la deposición anormal de materiales colorantes y el ataque de ciertos hongos y bacterias, sirviendo el color, en estos casos, como medio para diagnosticar la sanidad de la madera.

2.3.2. Olor

Así como el color, el olor es una característica difícil de ser descrita; algunas maderas presentan un olor típico, cualidad atribuida a la presencia de ciertas sustancias volátiles. Estos materiales, cuando se presentan en una madera se encuentran principalmente depositados en el duramen, donde el olor es más pronunciado. Debido a la volatilidad de estos materiales, el olor disminuye gradualmente mediante su exposición. Por esta razón, el olor se observa refiere siempre a madera seca y no a húmeda o semihúmeda donde puede ser muy notorio o rancio debido a fermentaciones.

El olor también puede ser resaltado humedeciendo la madera seca.

El olor es una propiedad en la utilización de la madera; maderas utilizadas para el embalaje de alimentos frescos no pueden tener ningún olor. (Ibarra, 1998).

2.3.3. Sabor

Dicha característica debe emplearse con cierto cuidado debido a que algunos árboles contienen sustancias tóxicas pudiendo ocasionar alergias a las personas. Se puede describir solo en caso de ser distinto. (Ibarra, 1998).

2.3.4. Grano

Característica observable en la sección radial producida por la disposición que tienen los elementos xilemáticos longitudinales (fibrotraqueidas) respecto al eje de crecimiento del árbol; tiene gran importancia en la trabajabilidad de la madera, así como en el comportamiento físico y mecánico.

El término grano se refiere a la disposición y dirección de los elementos constituyentes del leño en relación al eje del árbol; se tiene diversos tipos de granos descritos a continuación:

- Grano Recto: cuando la dirección de los elementos es sencillamente paralela al eje del árbol
- Grano Entrecruzado: cuando los elementos leñosos se encuentran en dirección alterna u opuesta haciendo que la madera sea de menor resistencia.
- Grano Oblicuo: cuando la dirección de los elementos leñosos se forman ángulos con relación al eje del árbol (Ibarra, 1998).

2.3.5. Textura

El término textura, se refiere a la impresión visual producida por las dimensiones, distribución y porcentaje de los elementos estructurales en el leño; en las latifoliadas, por los poros, vasos y parénquima axial; en las coníferas por la mayor o menor nitidez de los anillos de crecimiento.

De acuerdo, con el grado de uniformidad en la apariencia, encontramos los siguientes tipos de textura:

- Gruesa: Presenta elementos anatómicos grandes. Poros con diámetro tangencial de más de 181 micras, parénquima abundante, radios leñosos anchos y tejido fibroso escaso.
- Media: Presenta elementos constitutivos medianos. Poros entre 141 y 180 micras de diámetro tangencial, parénquima regular, radios leñosos medianos y regular cantidad de tejido fibroso.
- Fina: Presenta elementos constitutivos pequeños. Poros menores de 140 micras de diámetro tangencial, parénquima escaso, radios leñosos finos y abundante tejido fibroso
- Muy fina: Tienen células poco espaciadas.

Fuente: (Chavesta & Harriague, 2006).

2.3.6. Brillo

El brillo de la madera es la capacidad que tiene para reflejar la luz. Algunas especies poseen esta propiedad natural en un grado bastante alto. Normalmente las maderas son más brillantes en las caras radiales debido a la exposición de los radios. El brillo es también afectado en parte, por el ángulo de reflexión de la luz. (Chavesta, 2006).

2.3.7. Figura o Veteado

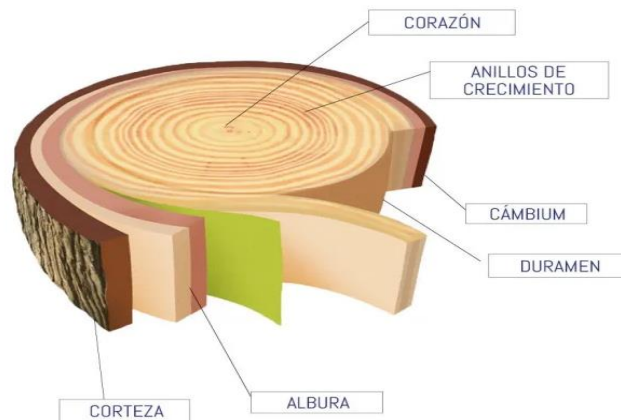
Es el término usado para describir el dibujo natural de las caras de la madera, que resulta de las variadas características macroscópicas: duramen, albura, color, grano y, principalmente, elementos estructurales, anillos de crecimiento, radios, además del plano de corte en sí. Figuras especialmente atractivas son obtenidas de ciertas anomalías como: Granos irregulares, troncos bifurcados, nudos, crecimiento excéntrico, deposiciones irregulares de color, etc. (Vargas, 1987).

2.4. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DE LA MADERA

La madera se forma alrededor de un núcleo central (médula) en una serie de capas concéntricas llamadas anillos de crecimiento. Un corte transversal de la madera

muestra la distinción entre el duramen y la albura. El duramen, la parte central, es más oscuro y está compuesto por células del xilema que ya no están activas en los procesos vitales del árbol donde se puede apreciar en la siguiente Imagen (Lara Rico, 1988).

Imagen N° 5: La Madera



Fuente: Manual para la identificación de maderas, 2005

2.4.1. Estructura Macroscópica

Se realizará un corte al fuste del árbol, se observarán las siguientes partes:

Corteza: Es la parte más externa formada por materia muerta de aspecto resquebrajado, debido a que el árbol sigue creciendo en espesor, como se puede ver en la Imagen siguiente. (Lara Rico, 1998).

Imagen N° 6: La Corteza



FUENTE: Lara Rico, 1988

Liber o floema: Es una capa más o menos delgada de apariencia similar a la corteza, más blanda, cuyas funciones en el árbol es de conducción de la sabia elaborada.

Cambium: Es una capa prácticamente inapreciable a simple vista, formada por células con funciones reproductoras, formando xilema hacia adentro y floema hacia afuera.

Xilema o madera: Es la capa más interna, normalmente gruesa, en relación con las demás capas, cuyas funciones en el árbol son las de sostén del propio árbol y la de conducción de sabia elaborada.

2.4.2. Elementos anatómicos

Anillos de crecimiento: Las especies de madera que se desarrollan en habitat donde existen periodos meteorológicos notablemente diferentes, producen elementos anatómicos de tamaños diferentes, en tanto duran dichos periodos, manifestándose exteriormente por la alternancia de madera más clara y madera más oscura, producida respectivamente en los periodos más o menos propicios para el desarrollo de la planta (Diaz Vaz, 2003).

La apariencia de los anillos de crecimiento es la siguiente:

Corte transversal: Los anillos de crecimiento se aprecian en forma de círculos concéntricos, cuyo origen es la medula del árbol.

Corte longitudinal radial: Los anillos se aprecian como líneas paralelas, en la misma dirección que la longitud de la pieza.

Corte longitudinal tangencial: Los anillos se aprecian de forma de V invertida, es característico de cada especie, la apariencia de los anillos, la anchura de la madera que forma en cada periodo la anchura de los anillos de crecimiento y la regularidad de dicha anchura,

Albura y duramen: En varias especies. La madera formada con unos años de antelación, sufre unos fenómenos denominados duraminización, que determina como principal efecto el cambio de color hacia tonos más oscuros.

Los vasos: En muchas especies de frondosas, los vasos o elementos conductores de la savia, presentan un tamaño tan elevado en diámetro y longitud que se hacen perceptibles a simple vista, la apariencia de los vasos son las siguientes:

Corte transversal: Pequeños agujeros circulares de apenas unas décimas de mm de diámetro. Para su perfecta visión, es recomendable realizar en dichas partes cortes con cuchilla.

Corte longitudinal: Pequeñas rajadas de unas décimas de mm de anchura, profundidad y varios mm de longitud orientadas según el eje de longitudinal.

Es característico de cada especie, la forma de disponerse de los vasos visibles a simple vista, en unos casos la disposición de los vasos se encuentra de forma agrupada “**vasos agrupados**” en la parte más clara de los anillos de crecimiento, en otras las agrupaciones no existen “**vasos difusos**”. También existen especies en donde la agrupación es intermedia a las ya indicadas “**vasos semidifusos**”.

El corte que es más visible la agrupación de los vasos es en el corte transversal y en el corte longitudinal.

Los radios leñosos: La mayoría de las células de la madera tienen una orientación axial, quedando una pequeña proporción de células orientadas en dirección transversal radial, es decir, con origen en la medula de la madera hacia el exterior, cuando los radios leñosos están formados por varias células en anchura y altura, resulta posible la observación a simple vista, la apariencia de los radios leñosos es la siguiente (Cruz, 2004).

Corte transversal: Líneas más o menos estrechas, que cortan perpendicularmente a los anillos de crecimiento. La apariencia de estas líneas es a veces más clara y a veces más oscura que el resto de la madera.

Corte longitudinal tangencial: Líneas de madera de color más oscuro que el resto de la madera, de escasa anchura (de unas décimas de mm) y de longitud muy variable (de 1 a 100 mm) orientadas según el eje del árbol.

Corte longitudinal radial: El radio se presenta como un espejuelo cuya anchura es la de totalidad del corte y longitud variable, según lo indicado en el corte tangencial.

Es característico de cada especie, el número de radios por unidad de superficie de la madera, la altura y su grosor (transversal y tangencial).

El parénquima: En algunas de las especies de la madera, las células de parénquima se agrupan, haciéndose visible a simple vista. Chavesta & Harriague, 2006.

La forma en cómo se agrupa el parénquima es característico de cada especie, unas veces de forma aleatoria en pequeños grupos de células (*parénquima apotraqueal*), otras veces está relacionada con la situación de los vasos (*parénquima paratraqueal*) y otras la agrupación es continua, resta o formando olas u otro tipo de figura estando o no relacionada con los vasos (*parénquima metatraqueal*). La apariencia de este parénquima depende de la forma de la agrupación (Cruz, 2004).

Parénquima Axial: Células del parénquima del sistema axial de los tejidos vasculares secundarios; en contraste con las células del parenquimáticas radiales.

Parénquima que forma parte de los tejidos conductores, cuyas células orientan su eje mayor en el mismo sentido que los vasos (Cruz, 2004).

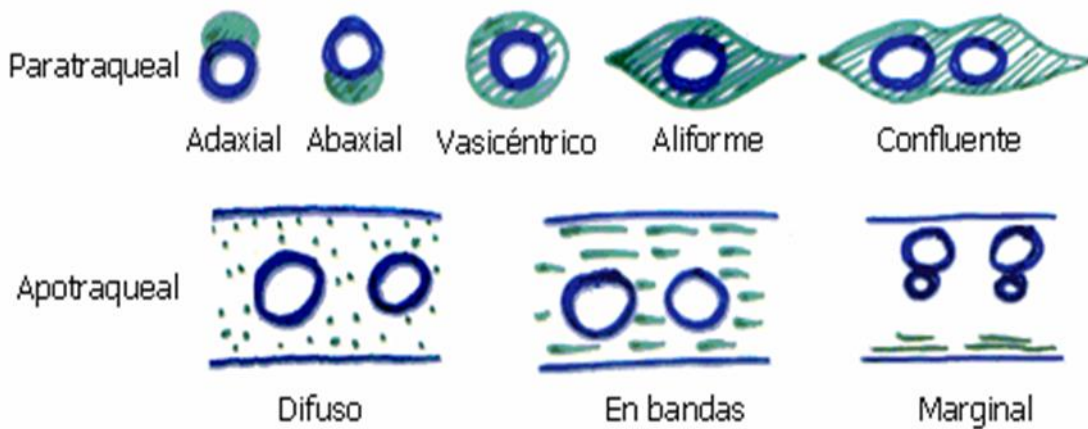
Parénquima Apotraqueal: Parénquima leñoso del xilema que es independiente de las tráqueas o elementos de los vasos, aunque ocasionalmente pueda entrar en contacto con ellas.

Se divide en diversos tipos, según la distribución que presenta la sección transversal: metatraqueal es el que forma arcos o anillos (uno o varios) concéntricos; difuso es el que está formado por células aisladas distribuidas entre las fibras; inicial es el que forma bandas y produce al comienzo de la formación de un anillo anual; terminal es el que forma al final del crecimiento de un anillo anual y también forma bandas (Cruz, 2004).

Parénquima paratraqueal: Parénquima leñoso del xilema, secundario asociado con traqueidas y tráqueas.

Se divide en diversos tipos de acuerdo a su distribución en sección transversal aliforme, es el que se extiende tangencialmente en dos; confluyente es un tipo de parénquima aliforme que resulta continuo y que bandas tangenciales y diagonales irregulares; incompleto, es formado por una vaina incompleta de pocas células parenquimáticas presentes en torno a las tráqueas; vesicentrico, es el que forma una vaina completa de parénquima rodeando a una tráquea o a un grupo de ellas, se puede observar en la Imagen. (UNALM, 2001).

Imagen N° 7: Parénquima axial de leño de dicotiledóneas – esquemas en transcorte Vasos azules, parénquima verde



FUENTE: Anatomía de la madera UNALM, 2001.

Otros elementos

Canales resiníferos, oleosos, etc.: En algunas ocasiones estos canales son perceptibles a simple vista, fácilmente en los cortes longitudinales y con cierta dificultad en los transversales, siendo característico de cada especie, su situación dentro de la madera, tamaño, color y la forma en cómo se agrupan.

Disposición de la fibra: La mayoría de las especies presenta células fibrosas que se orientan según el eje axial. En ocasiones algunas especies, la fibra se presenta con una ligera inclinación a derechas o izquierdas respecto al eje.

2.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA QUEÑUA (*Polylepis tomentella* Wedd)

2.5.1. Importancia del género *Polylepis*

Muchas especies forestales nativas de diferentes regiones del país, debido a su difícil adaptación en hábitats de ciertos ecosistemas, debido a sus características ecológicas innatas.

Los bosques de *Polylepis* debido a su distribución natural, ayudan al control de la erosión y sobre todo a la protección de cuencas hidrográficas (Kessler. 2017).

2.5.2. Distribución del género *Polylepis*

Según estudios realizados, *polylepis* tiene un rango de distribución muy amplio, en Sudamérica se encuentra la mayor diversidad de especies, en Ecuador, Perú y Bolivia; ubicadas en diferentes nichos ecológicos, en relación a elevación y humedad. Solo ocasionalmente ocurren dos o más especies en un mismo lugar. En gran parte de los Andes la actividad humana a coadyuvado a la desaparición de más de un 90% de los bosques de *Polylepis*, lo que produjo un desequilibrio ecológico (Kessler & Fjeldsa, 1995).

2.5.3. Las especies que existen en Bolivia son:

Según Kessler, 2017, quien manifiesta que en Bolivia existen las siguientes especies del Genero *Polylopis*, las mismas que algunas se encuentran en extensión y que requieren necesariamente aplicar una conservación, las mismas que son las siguientes:

P. sricea; *P. pepci*; *P. hieronymi*; *P. neglecta*; *P. racemosa*; *P. besseri*; *P. crista galli*; *P. tomentella* Weddell; *P. tarapacana*.

Existe una controversia en relación a la extensión original de los hábitats de *Polylepis*, esto afecta a las estimaciones sobre la cantidad de bosques, sobrevive actualmente se estima que cerca de 5000 km² que era en la cordillera occidental, y se tiene una pérdida anual del 5% de estos bosques (Yensen & Tarifa 1999. Citado por Kessler, 2017).

Bolivia cuenta con bosques distribuidos entre los departamentos de Tarija, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca, Oruro y La Paz.

2.5.4. Estado de conservación de los bosques y la importancia que reviste dentro de la R.B.C.S.

Los bosques hoy son solo manchas que se encuentran en sitios inaccesibles a lugares alejados de los poblados o consecuencia de prácticas inadecuadas por parte de los usuarios.

Las causas para la disminución de los bosques son principalmente los incendios, la ampliación de la frontera agrícola acompañada del factor social, el sobrepastoreo de ganado dentro de los bosques en determinada época, lo que afecta directamente a la estructura y combinación florística cómo la renovación.

Tradicionalmente la queñua en la R.B.C.S tiene importancia en la subsistencia de las familias campesinas, ya que es fuente de aprovisionamiento de leña para la preparación de sus alimentos y forraje para sus animales. Lamentablemente la falta de conocimientos y costumbre para producirla en vivero, hace que se encuentre en constante disminución. (Blanco, 2017).

2.5.5. Usos

De acuerdo a la zona que corresponde se cita diferentes utilidades: Se conoce que la queñua como combustible es muy usado para fuego doméstico, es la especie preferida para hacer carbón en las zonas de gran altitud (Kessler & Fjeldsa, 1995).

2.5.6. Respecto a la ecología se tiene:

a) Distribución altitudinal

La Reserva Biológica Cordillera de Sama cuenta con bosques delictuales de *Polylepis* los que se encuentran distribuidos desde los 2300 hasta los 3800 msnm.

b) Régimen edáfico

Polylepis, crece en suelos pedregosos o rocosos con mucha lama y que tengan un buen drenaje pudiendo esto suelo ser desde superficiales a profundos en laderas pedregosas, protegidas hasta el fondo de valles y quebradas con suelos profundos.

Se desarrolla en suelos residuales a partir de areniscas, de topografía quebrada. Su rusticidad es tal que puede llegar a crecer hasta en grietas de rocas prefiere suelos ligeramente ácidos y de textura media, (León, 2011).

c) Régimen pluviométrico

Polylepis es un género que a veces es encontrado en zonas nevadas de la cordillera, dónde las temperaturas están por debajo de los 0°C.

2.5.7. Propagación por vía sexual

La reproducción de individuos a partir de la semilla donde también se incluye la obtención de Brinzales (plántulas de regeneración natural).

a) Semillas

Se indica que la viabilidad de semillas de *polylepis tomentella Wedd* ha mostrado una variación en cuanto al origen y forma de recolección, en cuanto al porcentaje de germinación oscila entre 16% y 22%, sin la aplicación de un tratamiento escarificación previo.

La aplicación de tratamientos pre germinativos de inmersión en agua practicado a semillas de *P. Australis* han dado como resultado 56% de capacidad de germinación, Citado por Rallo, Orel, 2007.

b) Brinzales

Los principales son plántulas nacidas de las semillas que cayeron del árbol madre y forman en principio la regeneración natural de la especie en el terreno. Sin embargo, muchos de ellos no lograron desarrollarse en futuros árboles, debido a las condiciones ambientales adversas y/o por los daños causados por el ganado (Bognetteau,1997).

Una producción de plantas a partir de brinzales en el Perú ha tenido buenos resultados, aunque estos hayan demostrado tener un desarrollo lento (Pretel et-al, 1985). Otras experiencias indican que la técnica ha sido aplicada exitosamente con especies como aliso (*Alnus acuminata*), queñua (*Polylepis spp*) y molle (*Schinus molle*).

2.5.8. Crecimiento vegetativo

Las plantas establecidas en terreno definitivo han demostrado un crecimiento en altura de aproximadamente 15 cm en un año (Valle Matarano a 3900 msnm), hasta 90 cm en dos años, para el mismo lugar indican que en buenas condiciones atmosféricas, las

plantas pueden crecer aproximadamente 30 cm en doce meses y son suficientemente grandes para ser trasplantadas, sin embargo, es más favorable hasta que lleguen de 50 a 90 cm de altura después de dos años o algo más (Fjeldsa & Kastle, 1996).

2.5.9. Descripción taxonómica de la especie Queñua (*Polylepis tomentella* Wedd).

TAXONOMÍA

| | |
|--------------------|----------------------------------|
| Reino: | Vegetal |
| Phylum: | Telemophytae |
| División: | Tracheophytae |
| Sub división: | Anthophyta |
| Clase: | Angiospermae |
| Sub clase: | Dicotyledoneae |
| Grado Evolutivo: | Archichlamydeae |
| Grupo de Ordenes: | Corolinos |
| Orden: | Rosales |
| Familia: | Rosaceae |
| Sub familia: | Rosoideae |
| Nombre científico: | <i>Polylepis tomentella</i> Wedd |
| Nombre común: | Queñua |

Fuente: (Herbario Regional, 2023)

2.5.10. Descripción dendrológica

Hojas; alternas, compuestas, con tres folíolos, espatulados u ovoideos, en el envés frecuentemente con pelos glandulosos amarillos, el borde crenado.

Flores; hermafroditas, pequeñas, racimos pendulares y laxos. Según observaciones propias las flores son pequeñas con sépalos de color violeta a rosado fucsia estambres de color negro.

Frutos; Aquenios cilíndricos, de 5 a 6 mm de largo y 3 mm de ancho con 4 a 5 aristas infantiles, por las características de mantenerse la semilla dentro de un fruto seco

(aquenio); las semillas se encuentran dentro de la clasificación de semillas ortodoxa. La semilla es membranosa carecen de endospermo.

Tiene una raíz en forma de raigambre profunda y muy típica, conformada por raíces fuertes y lignificadas, los Grisales desarrollan desde muy temprano una larga raíz, (Bognetteau, 1997).

Descripción de los bosques. - El género *Polylepis* pertenece a la familia Rosáceas, incluye entre 15 a 28 especies y se caracteriza por una polinización anemófila y por sus frutos secos, en su mayoría son árboles de 2 a 10 metros de altura y también algunas especies son arbustivas, el diámetro del tronco de la queñua puede llegar hasta los 60cm, de copa tortuosa y redondeada. Según las regiones en Bolivia, tiene diferentes nombres comunes: keñua (Aymara) y kewiña y lampaya (quechua).

Distribución. - La distribución actual de los bosques de *Polylepis* es muy local y existen algunas zonas con bosques relativamente extensos, pero en su gran mayoría los bosques son pequeños rodales restringidos a laderas rocosas y quebradas o matorrales abiertos en laderas montañosas. Hasta hace pocas décadas, este patrón de distribución fue considerado como natural, interpretando que las laderas rocosas y quebradas son microhábitats favorables para el desarrollo de *Polylepis*.

Según los estudios sobre la distribución del género muestran, que se debe principalmente a la presión de las actividades humanas por miles de años en los Andes. Sobre todo, la quema de los pastizales, que se realiza para mejorar los pastizales, reduce la cobertura boscosa (Kessler 2002).

La queñua (*Polylepis tomentella* Wedd), se encuentra en el departamento de Tarija, Bolivia, en la zona alta del departamento, donde las elevaciones superan los 3000 msnm. En esta zona, la vegetación está compuesta principalmente por praderas de pastos duros, tholares y relictos de bosques de queñua.

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

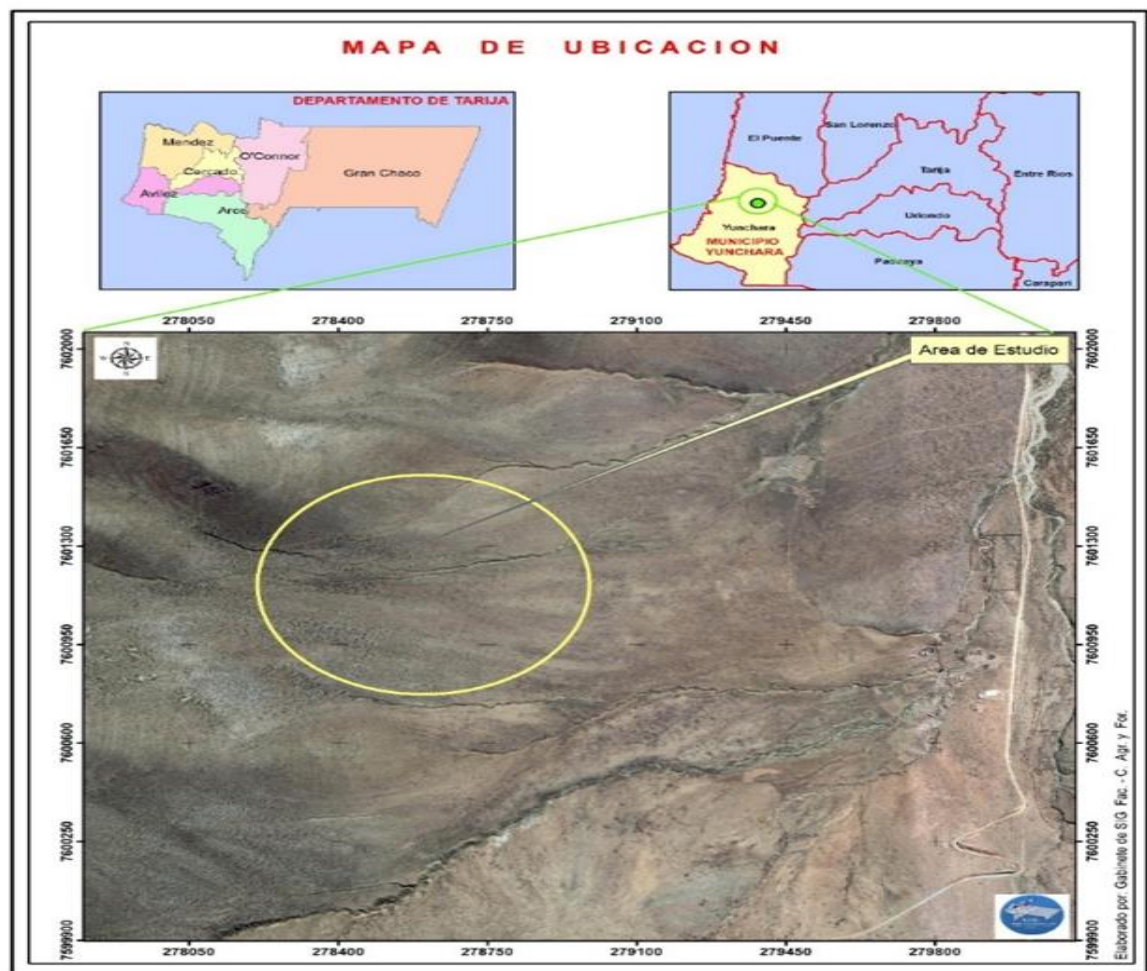
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA Y EXTENSIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está ubicada en la comunidad de Ramadas, pertenece al Municipio de Yunchará, Provincia Avilés del departamento de Tarija. Localizada geográficamente entre las siguientes coordenadas: Latitud Sur $21^{\circ} 28' 45''$ y $22^{\circ} 51'$ - Longitud Oeste $64^{\circ} 56' 30''$ y $65^{\circ} 25'$, como se muestra en el siguiente mapa.

MAPA N° 1: Localización de la zona de la extracción de la madera



Fuente: Elaboración propia 2024

3.2. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

3.2.1. Clima

El clima en esta zona es semiárido y templado frío, con una temperatura media en los meses calurosos de octubre a marzo y la mínima media en los meses de invierno: mayo a septiembre, que corresponden también a la época seca, con características de precipitación pluvial concentrándose las lluvias en los meses de diciembre a marzo, los Riesgos Climáticos de mayor incidencia, son las heladas, localizadas en los meses de agosto a octubre; sin embargo, ocurren heladas tardías y tempranas. Las primeras se registran en los meses de febrero a marzo, ocasionan que los cultivos alcancen la madurez fisiológica y las tardías en los meses de octubre a noviembre, durante el inicio del ciclo vegetativo. Las granizadas le siguen en importancia, generalmente se presentan en los meses de octubre a enero y producen pérdidas considerables en producción agrícola. (PDM, Yunchará 2007).

3.2.2. Temperatura

La temperatura, el mes más caluroso del año en la Cuenca de Tajzara, sería el mes de octubre con una temperatura media de 20,1 °C. El mes más frío del año con una temperatura media de -0,8 °C, es el mes de Julio. Como resultado general se tiene que, la temperatura máxima media anual es de 18,7 °C., y la temperatura mínima media anual es de 1,7, se puede observar en el cuadro de datos climáticos y el gráfico N° 1. (Senamhi, 2022)

En relación a los datos pluviométricos los meses más secos son junio y julio, con 0,4 mm y el mes de enero con 98.2 mm es el que tiene la mayor precipitación del año.

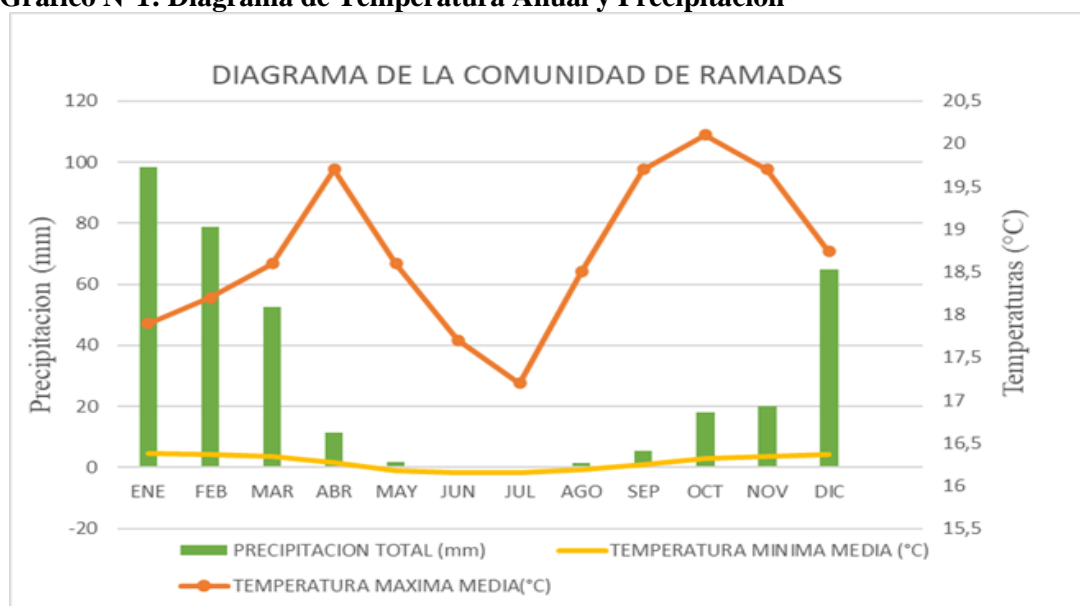
Cuadro N°2: Datos climáticos

| Mes, año 2022 | Temperatura máxima media (°c) | Temperatura mínima media (°c) | Precipitación total (mm) |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| ENERO | 17,9 | 4,6 | 98,2 |
| FEBRERO | 18,2 | 4,3 | 78,9 |
| MARZO | 18,6 | 3,7 | 52,4 |
| ABRIL | 19,7 | 1,5 | 11,4 |
| MAYO | 18,6 | -1,1 | 1,9 |
| JUNIO | 17,7 | -1,7 | 0,4 |

| | | | |
|------------|-------|------|------|
| JULIO | 17,2 | -1,8 | 0,4 |
| AGOSTO | 18,5 | -0,8 | 1,6 |
| SEPTIEMBRE | 19,7 | 0,8 | 5,5 |
| OCTUBRE | 20,1 | 2,8 | 17,9 |
| NOVIEMBRE | 19,7 | 3,5 | 19,9 |
| DICIEMBRE | 19,0 | 4,4 | 64,7 |
| PROMEDIO | 18.74 | 2.43 | 29.4 |

Fuente: SENAMHI (2022)

Gráfico N°1: Diagrama de Temperatura Anual y Precipitación



Fuente: Elaboración propia 2024.

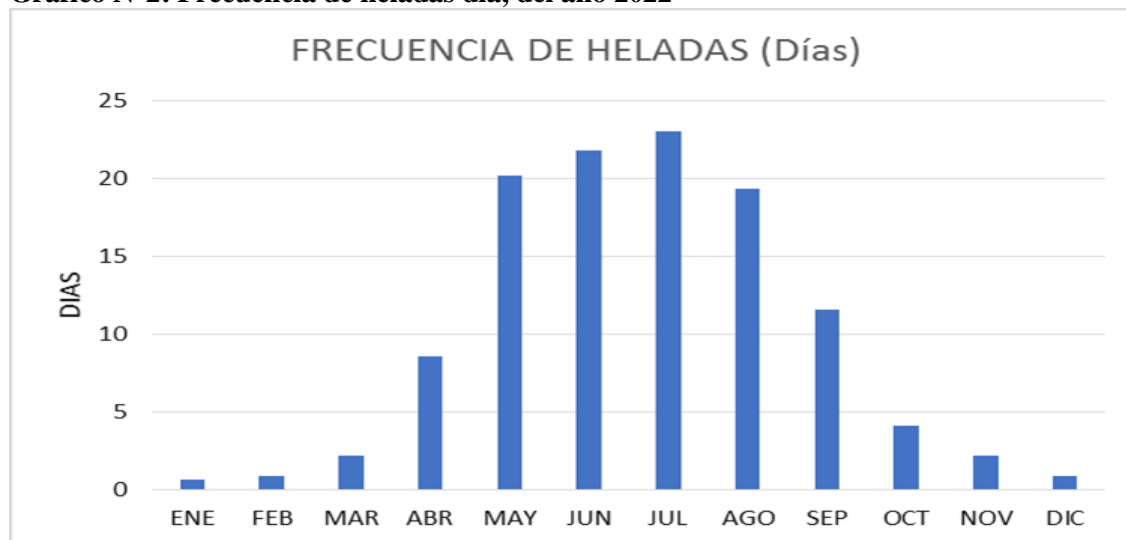
3.2.3. Heladas

Tardías y tempranas. Las primeras se registran en los meses de mayo a septiembre, ocasionan que los cultivos alcancen la madurez fisiológica y las tardías en los meses de octubre a noviembre, durante el inicio del ciclo vegetativo, como se puede ver en el siguiente cuadro y la gráfica 2.

Cuadro N°3: Frecuencia de heladas (días), del año 2022

| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 0,6 | 0,9 | 2,2 | 8,6 | 20,2 | 21,8 | 23,1 | 19,4 | 11,6 | 4,1 | 2,2 | 0,9 |

Fuente: SENAMHI (2022)

Gráfico N°2: Frecuencia de heladas día, del año 2022

Fuente: Armella (2023)

3.2.4. Suelo

En la cuenca de Tajzara el suelo es pedregoso, perteneciendo al grupo lithic calciortides del orden aridisoles. Este suelo es muy superficial y la textura dominante es franco arenoso hasta los 25 cm de profundidad. En este horizonte se encuentra un PH suavemente alcalino, en el horizonte subsuperficial es neutro. Encontró erosión de suelo demostrado por áreas sin materia orgánica y vegetación (Galarza, 1997).

3.2.5. Vegetación

En las ecorregiones Puna y Alto Andina se han identificado 305 especies. Las que tienen mayor representatividad están entre las familias Asteraceae, Poaceae y Cactáceas. Se destaca en la cuenca de Tajzara el bosque de queñua (*Polylepis tomentella Wedd*), yareta (*Azorella compacta*) y varias especies de tholas (*Baccharis spp.*). (PDM, Yunchará 2007).

La vegetación más frecuente en la zona es mayormente de gramíneas con los géneros *Festuca*, *Stipa*, *Aristida*, *Calamagrostis* y otros.

Al mismo tiempo existen especies arbustivas como *Parastrephia*, *Tetraglochin*, etc. Entre las especies arbóreas tenemos al género *Polylepis*.

La zona del altiplano se caracteriza por la vegetación que corresponde a una estepa, pastizales, tholares y otras especies xerofíticas que se constituyen en alimento para el ganado existente, todas estas especies son perennes, como se pueden observar en los cuadros 4, 5, y 6.

a) Arbustos

Cuadro N° 4: Arbustos (Comunidad de Ramadas)

| Género y Especie | Familia | Nombre común |
|------------------------------------|------------|--------------|
| <i>Parastrephia quadrangularis</i> | Asteraceae | T'hola |
| <i>Fabiana punensis</i> | Solanáceas | T'holillas |
| <i>Tetraglochim cristatum</i> | Rosaceae | Kànlla |
| <i>Vachellia caven</i> | Fabeceae | Churquisitos |

Fuente: Armella (2023).

b) Pastos

Cuadro N° 5: Pastos (Comunidad de Ramadas)

| Género y Especie | Familia | Nombre Común |
|----------------------------|-------------|---------------|
| <i>Festuca orthophilla</i> | Gramíneas | Paja brava |
| <i>Festuca scripifolia</i> | Gramíneas | Paja blanca |
| <i>Stipa ichu</i> | Gramíneas | Paja amarilla |
| <i>Distinchlis humilis</i> | Gramíneas | Brama |
| <i>Trifolium amabilis</i> | Leguminosas | Alfilla |

Fuente: Chavez, (2002)

c) Árboles

Cuadro N° 6: Árboles (Comunidad de Ramadas)

| Género y Especie | Familia | Nombre Común |
|-----------------------------|---------------|--------------|
| <i>Polylepis tomentella</i> | Rosaceae | Queñua |
| <i>Schinus molle</i> | Anacardiaceae | Molle |
| <i>Acacia caven</i> | Fabáceas | Churqui |

Fuente: Chávez, (2002)

3.2.6. Relieve

La comunidad Ramadas se encuentra en el segundo piso altitudinal del municipio de Yunchará (La cabecera de valles), por las características topográficas que presenta tiene un relieve ondulado escarpado. (PDM, Yunchará 2007,)

3.3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1. Materiales

Para realiza el estudio de las propiedades macroscópicas, microscópicas y organolépticas de la especie Queñua (*Polylepis tomentella Wedd*), se utilizó los siguientes materiales:

3.3.2. Material y equipo de campo

- Libreta de campo
- Cámara topográfica
- Lápiz
- Cinta métrica
- Brújula
- Eclímetro
- Machete
- Pintura y brocha
- Motosierra
- Flexómetro
- GPS

3.3.3. Material y equipo de gabinete

- Normas de COPANT DE MADERAS
- Material de escritorio
- Formulario para el registro de probetas
- Calculadora
- Computadora
- Equipo fotográfico

- Planillas para la toma de datos
- Impresora

3.3.4. Material de aserradero

- Escuadras
- Sierra circular
- Cepilladora
- Gruseadora
- Planilla de registro
- Marcadores
- Flexómetro
- Sierra sin fin
- Cepillo
- Formón

3.3.5. Reactivos y colorantes

- Solución de alcohol (70% a 95%)
- Solución de safranina a 1% en alcohol de 95%
- Agua destilada

3.3.6. Material biológico

- Madera de la especie en estudio Queñua (*Polylepis tomentella Wedd*)

3.3.7. Materiales de laboratorio

- Pinceles
- Alfileres
- Recipientes para remojar las probetas
- Pinzas
- Microscopio
- Estufa eléctrica
- Lupa de mano 10X
- Frascos de vidrio
- Porta objetos
- Cubre objetos

- Cajas Petri
- Microtomo de deslizamiento plano
- Afilador de cuchillas automático
- Juego de cuchillos

3.4. METODOLOGÍA

El método para las muestras del presente trabajo de investigación se ejecuta en base a la metodología Norma COPANT MADERAS 30:1-19, COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). Para ensayos Anatómicos, en base a lo establecido, las muestras tendrán las condiciones y dimensiones adecuadas en los que se realizarán los respectivos estudios.

Las normas a utilizar son:

- ✓ COPANT 185 Glosario.
- ✓ COPANT 458 Selección y Recolección de muestras.
- ✓ COPANT 459 Acondicionamiento de Maderas.
- ✓ COPANT 30:1-019, 1974. Estudio Anatómicas

3.4.1. Selección y Recolección de Muestras

La selección y colección de muestras, se realizó mediante el sistema al azar, de tal modo que en cada etapa cada una de las unidades componentes (zona, bloque, parcela, árbol, troza, váguela y probeta), tengan la misma posibilidad de ser elegidas. El muestreo al azar para la selección de probetas destinada a la ejecución de ensayos tecnológicos comprende las siguientes etapas:

- Definición de la población
- Selección de la zona
- Selección del bloque
- Selección de los árboles
- Selección de las parcelas

- Selección de la troza
- Traslado del material (las trozas)
- Tratamientos profilácticos
- Codificación de probetas

3.4.2. Definición de la población

Comunidad de Ramadas, Municipio de Yunchará, Provincia Avilés del departamento Tarija, debido a la existencia de la especie en la zona.

Para llevar a cabo la extracción de los árboles de la especie, objeto de estudio se tomó en cuenta la representatividad en lo que respecta a la calidad y la sanidad de cada individuo.

3.4.3. Selección de las parcelas

Se estableció cinco parcelas con dimensiones de 20 m x 30 m de longitud, En cada parcela elegida al azar, se seleccionó 1 árbol por parcela haciendo un total de 5 árboles, considerando la sanidad, un buen fuste y diámetro a la altura del pecho, como se puede.

3.4.4. Selección de los árboles

En la determinación, se estableció las características de cada individuo, tales como la edad, especie, diámetro y la altura del pecho (1.30 cm).

Para llevar a cabo la extracción de los árboles, se tomó en cuenta la representatividad de la especie, como se la calidad y sanidad de cada árbol.

Cuadro N° 7: Selección de los árboles

| N° Árbol | DAP cm | AT m | Estado sanitario | | |
|----------|--------|------|------------------|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| I | 24 | 4 | | X | |
| II | 21 | 5 | | | X |
| III | 19 | 3.5 | | | X |
| IV | 23 | 4 | | X | |
| V | 25 | 5 | | | X |

3.4.5. Selección de las trozas

Los árboles fueron tumbados, se realizó el apeo, desramado se dividió en secciones de 1 m de longitud, luego se marcó con pintura para poder identificarlos y anotar a la planilla y codificar.

A efecto de la correcta identificación rápidamente, dicho material se lo traslado hasta un aserradero para ser procesada.

3.4.6. Probetas para el estudio anatómico

Según la norma COPANT 30: 1 – 19, las trozas fueron procesadas en una carpintería donde se realizó la obtención de cada probeta, empleando un sistema adecuado de codificación para su correcta identificación, con la finalidad de reconocer a que muestra pertenecen las mismas, después de ser elaboradas son preparadas para efectuar los cortes histológicos o anatómicos, con codificación (A1-Tg, A1-Tr, A1-R), de la misma manera se procedió hacer para las demás probetas.

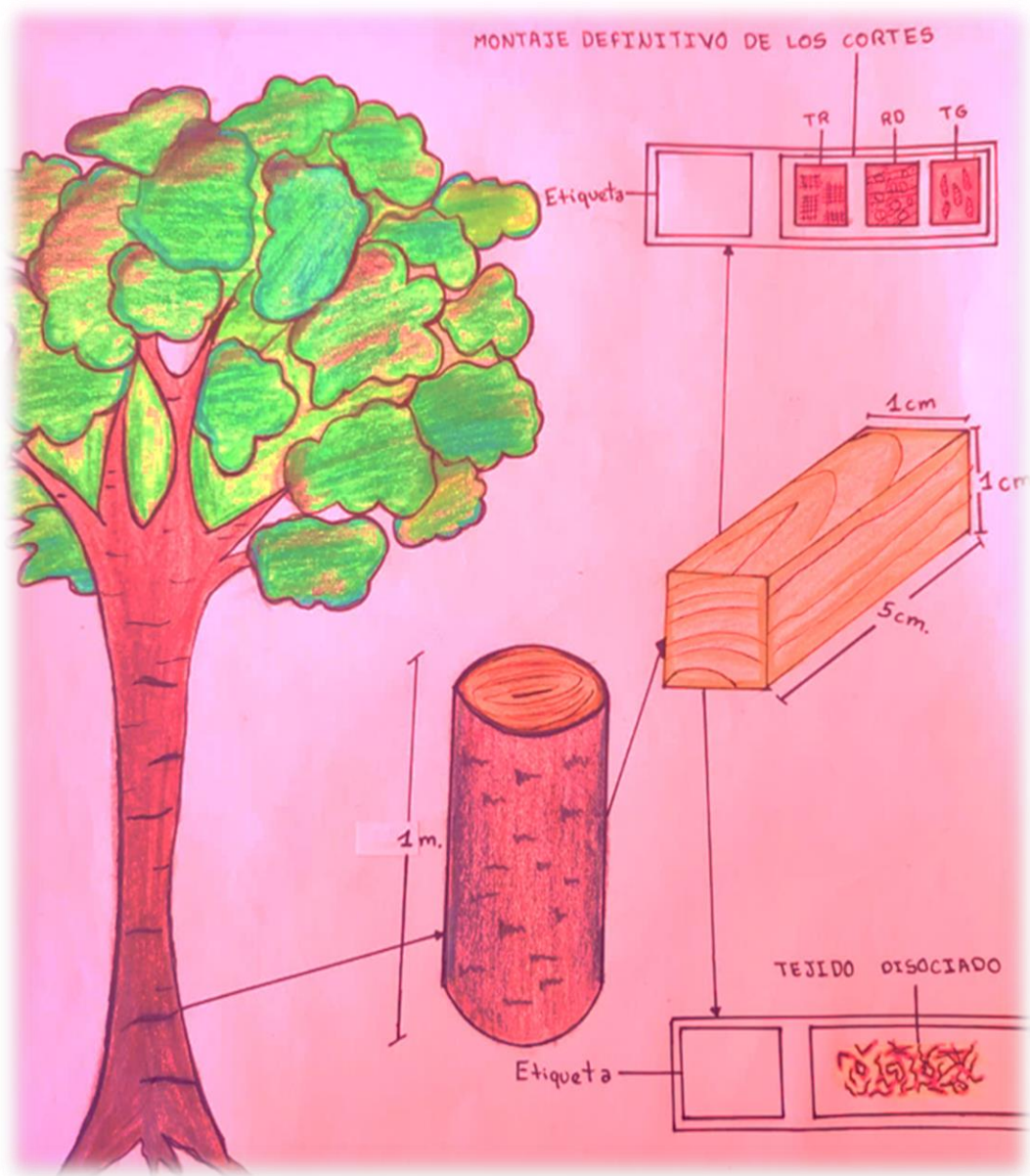
3.5. ESTUDIO MICROSCÓPICO

Las probetas se sometieron a las siguientes fases que se desarrollarán.

3.5.1. Obtención de las probetas

Se selecciono 5 probetas de cada árbol, de dimensiones 1cm x 1cm de lado y 5cm de longitud, en una totalidad de 25 muestras correspondientes a cada una de las secciones como transversal, tangencial y radial, destinadas para el estudio anatómicos, mismas que fueron realizadas según la siguiente Figura.

Figura N° 1: Preparación de las probetas y ejecución de los ensayos



FUENTE: Elaboración Propia, 2024.

3.5.2. Tratamiento de las probetas

En el momento de preparar se tomó en cuenta algunas características propias de la madera como ser: parénquima, poros, fibras, grano, textura, presencia de cristales o resinas y otras observaciones para el tratamiento de las mismas, para lograr el ablandamiento del leño y el corte microscópico.

3.5.3. Hidratación y ablandamiento

Para la hidratación, las probetas fueron introducidas dentro de los frascos con agua destilada y dejadas en reposo, con sus respectivas marcaciones las probetas y los frascos, cada dos días se realizó el cambio de agua, este proceso se lo realizo durante treinta días, hasta alcanzar el punto de saturación de las fibras.

El ablandamiento es el paso siguiente de la hidratación que tiene como finalidad disminuir la resistencia de material vegetal con respeto al plano de corte de la cuchilla, como se muestra en la siguiente Foto.

Fotografía N° 1: Hidratación de las probetas



FUENTE: Elaboración propia, 2024

3.5.4. Afilado de cuchillas

El afilado de la cuchilla es un factor muy importante ya que contar con cuchillas correctamente afiladas nos permite obtener muestras adecuadas y tener una observación microscópica con todos los elementos estructurales. Ver la siguiente Foto.

Fotografía N° 2: Afilador de Cuchilla



3.5.5. Obtención de los Cortes

El microtomo es uno de los principales instrumentos para obtener los diferentes cortes de la madera, con el desplazamiento de la cuchilla hacia la muestra se obtendrá las láminas respectivas para el estudio.

Para lograr un corte perfecto se tiene que tomar en cuenta dos factores: Una cuchilla bien afilada y un material leñoso bien pre parado, donde se va obtener cortes de 10,15,20 micras de espesor, de las tres diferentes secciones, transversal, tangencial y radial. Como se puede observar en la siguiente Foto.

Fotografía N° 3: El Microtomo



3.5.6. Coloración de los cortes

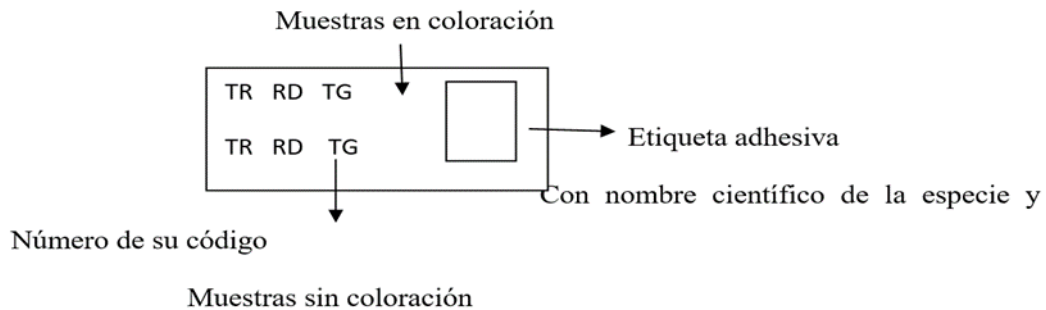
En cada etapa los cortes fueron cuidadosamente seleccionados, que estén sin rajaduras o rotas de forma que se pueda observar toda su estructura anatómica como ser poros, punteaduras intervasculares, parénquima, platinas de perforación, etc.

Luego de ser seleccionados los cortes, se realizó previamente el lavado, luego se los clasifico en recipientes diferentes de acuerdo a las secciones que pertenecen las láminas, posterior se hizo la coloración con safranina, alcohol y agua destilada en cajas Petri para cada sección.

3.5.7. Montaje de los cortes

Las muestras coloreadas y las sin coloración, se seleccionaron los tres mejores cortes, los cuales fueron cuidadosamente montados en el porta objeto y cubriendo con el cubre objeto con gota transparente, luego se presionó suavemente para evitar espacios de aire hasta obtener un sellado permanente de las muestras que fueron codificadas, posterior el uso del microscopio, como se puede observar en la siguiente Figura.

Figura N° 2: Montaje de los cortes



Donde: TR= Corte transversal, TG= Corte tangencial, RD= Corte radial.

3.5.8. Obtención de Microfotografías

Para el presente estudio anatómico se empleó las descripciones anatómicas y estas fueron acompañadas de fotografías del corte transversal, tangencial y radial.

Se tomo fotografías durante el estudio, con el microscopio con diferentes aumentos de objetivos oculares.

3.5.9. Medición de los elementos anatómicos

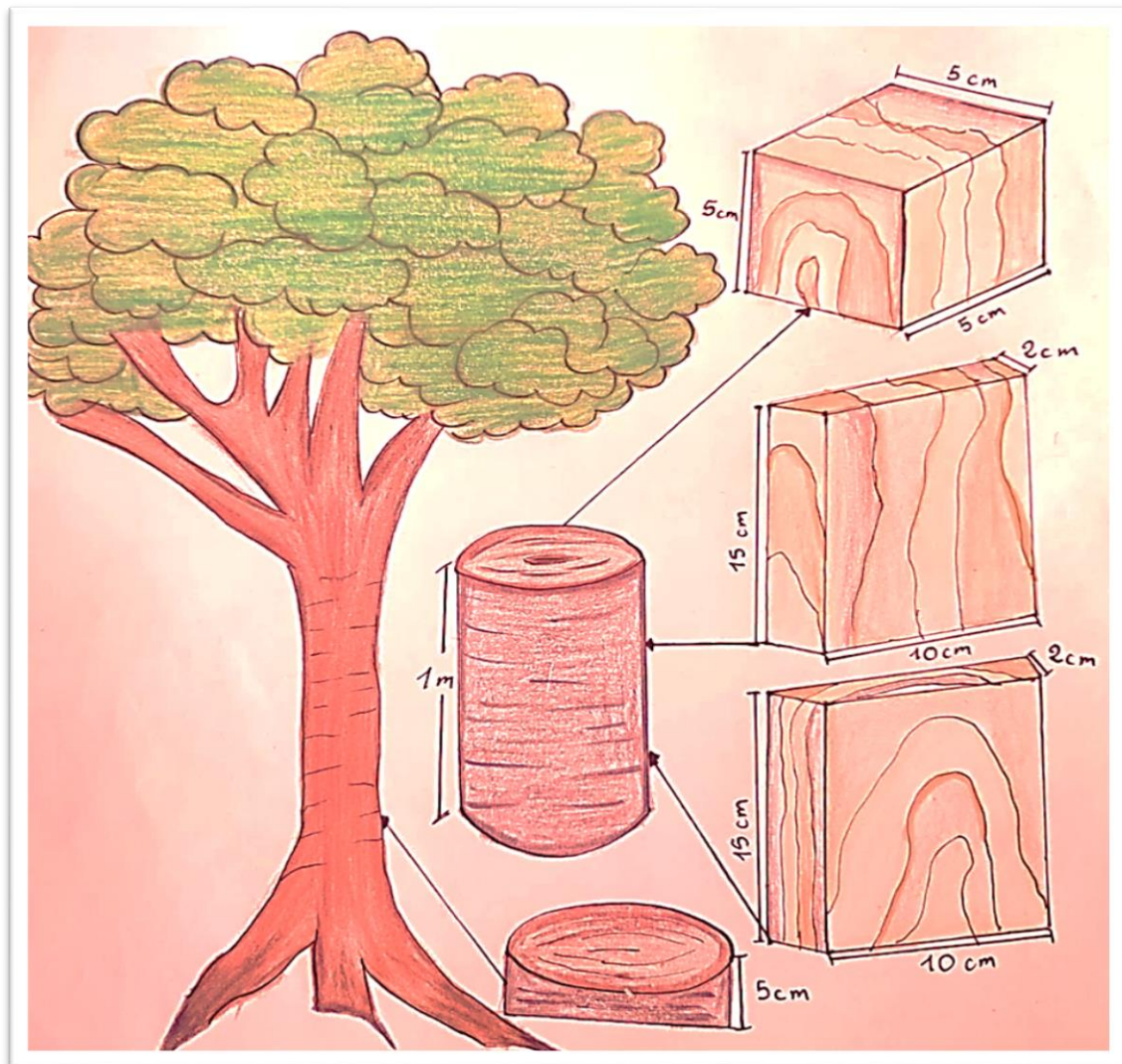
Se desarrolló un trabajo minucioso respecto a las diferentes mediciones con una escala transparente, tales como diámetro y longitud de vasos correspondientes a cada uno de los elementos constitutivos de la madera.

3.5. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y ORGANOLÉPTICAS

La descripción de las propiedades organolépticas, se realizó, en condiciones de estado húmeda como seca al aire, acorde a la NORMA COPANT MADERAS, 30: 1-19.

Dentro de las propiedades organolépticas se realizará una descripción de cada una de ellas acorde al color, sabor, lustre, brillo, grano, veteado y textura, de las probetas obtenidas.

Figura N° 3: Obtención de las probetas para Macroscópicas y Organolépticas



Fuente: Elaboración Propia, 2024.

3.5.1. Muestras y dimensiones para las características macroscópicas y organolépticas

- 5 rodajas de 6cm de espesor con corteza.
- 5 cubos de madera de 5 x 5 x5 cm de lado que presentan las secciones tangencial, radial y transversal perfectamente orientadas.
- 15 muestras de xilotecas de 15 cm de longitud, 10 cm de ancho, 2 cm de espesor, (sección radial y tangencial).

3.5.2. Muestras para el estudio macroscópico

Para llevar adelante la descripción de las diferentes características se preparan muestras de 5x5x5 cm para cada tipo de muestras, como se muestra en la siguiente Fotografía.

Fotografía N°4: Cubos de 5x5x5 cm, para los análisis macroscópicos, con codificación (A1-Tg, A1- Tr, A1-R).



FUENTE: Elaboración propia, 2024

Fotografía N° 5: Muestras de xilotecas de 15 cm de longitud, 10 cm de ancho, 2 cm de espesor, (sección radial y tangencial), con codificación (A1-Tg y A1-R).



FUENTE: Elaboración propia, 2024

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS.

4.1.1. Color.

En la sección transversal de la rodaja, la medula presenta un color rosado intenso en estado verde, en estado seco es de color café intenso, el duramen presenta un color rosado claro en estado verde y en estado seco presenta un color café claro, la albura presenta un color amarillo suave en estado verde en estado seco un color amarillo pálido, la albura presenta rajaduras en dirección de los radios.

4.1.2. Transición de albura a duramen.

En la sección transversal de la rodaja se observó un cambio gradualmente de los colores.

4.1.3. Alteración de color. Cambia gradualmente de color.

En estado húmedo es rosado claro, en seco es café claro.

4.1.4. Sabor.

Es sabor **Astringente**. El sabor astringente o amargo en estado húmedo, luego al alcanzar el estado seco, el olor y el sabor no distintivo. El sabor astringente es una sensación entre sequedad intensa y amargo que se produce en la boca.

4.1.5. Olor.

Es **Aromático**. Un olor aromático.

4.1.6. Lustre o brillo.

Esta característica indica que los radios cuando son expuestas a la luz, se clasifica el brillo como opaco, medio o brillante. Aquí es **Medio**.

4.1.7. Albura.

En la sección transversal se observa un **espesor muy angosto**, menos de 2 cm. Y un porcentaje aproximadamente de 29%, según indica, que los árboles con poco porcentaje de albura, es un indicador que el árbol adquirió un buen estado de madurez.

4.1.8. Duramen.

La forma que presenta el duramen es excéntrica.

4.1.9. Anillos de crecimiento.

2. Diferenciado:

2.2 Con bordes claros: regulares

3. N° de anillos por cada 5 cm de distancia.

3.1 Presentan un Promedio de 15 anillos en 5 cm.



FUENTE: Elaboración propia, 2024

4.1.10. Veteado o figura.

4.1,10,1 Bien definido

4.1.10.1.1 Líneas verticales en la sección radial, paralelas al eje del árbol

4.1.10.1.2 Arcos superpuestos en la sección tangencial.

Con veteado

4.1.11. Grano.



FUENTE: Elaboración propia, 2024

Tiene grano **Recto**, porque la dirección de los elementos leñosos forma ángulos rectos con respecto al eje del árbol.

4.1.12. Textura.

La textura que presenta es **Fina** y son:

1.-Por visibilidad de Poros (a una distancia de 30 cm a mas

1.3 No visibles a simple vista y difícil con lupa de 10x.

2.- Por uniformidad de Textura

2.2 Es de textura heterogénea



FUENTE: Elaboración Propia, 2024

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS.

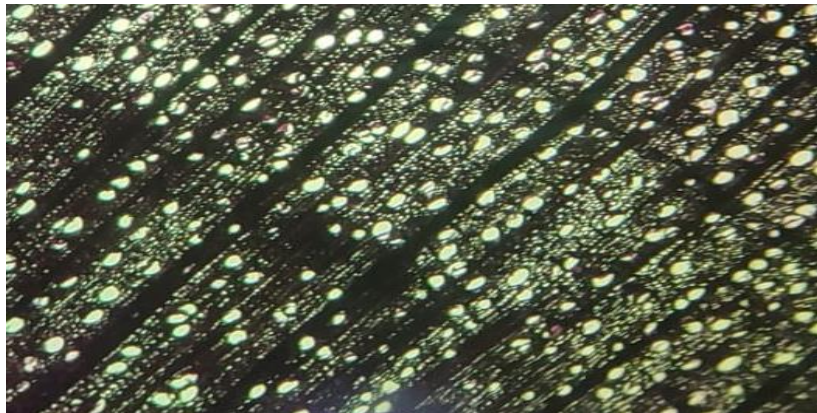
La descripción macroscópica incluye la observación de ciertas características de la madera a simple vista o con ayuda de una lupa de 10x micras.

4.2.1. Poros.

Los poros, o vasos, son pequeños orificios **circulares** visibles en una sección transversal de la madera.

4.2.1.1. Distribución.

El tamaño y la distribución de los poros ayudan a determinar el tipo de madera. (Madera Dura). La distribución de los poros **es difusa**.



FUENTE: Elaboración Propia, 2024

4.2.1.2. Concentración.

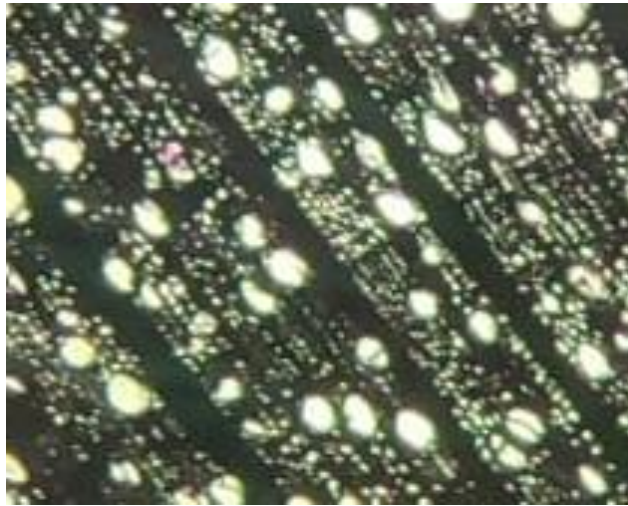
Cambia regularmente de anillo a anillo

4.2.1.3. Tamaño.

El tamaño de los poros que presenta **es mediano** visible con lupa de 10 x.

4.2.1.4. Forma.

De forma oval



FUENTE: Elaboración Propia, 2024

4.2.1.5. Contenidos.

Presentan Sustancias orgánicas. **Resina.**

4.2.2. Parénquima.

El parénquima es un tejido vivo, metabólicamente activo, principal representante de los tejidos denominados fundamentales y se caracteriza por su:

4.2.2.1. Visibilidad

Se presentan **a simple vista** o con lupa de 10x.

4.2.2.2. Distribución

Los Parénquima que presentan es **Apotraqueal** en bandas

Son **Difuso en agregados**

4.2.3. Radios.

Son Conjunto de células dispuestas en dirección perpendicular al eje del tronco y orientadas desde la médula hacia el exterior.

4.2.3.1. Espesor. - Finos no visibles a simple vista

4.2.3.2. Número de radios en 5 mm. (Apreciados en la sección transversal). El rango de 51 a 80

4.2.3.3. Canales intercelulares axiales

1.- Normal con ocurrencia irregular

1.2 En distribución irregular

4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS

La estructura microscópica de la madera se observa a través de un microscopio, está compuesto de células, la mayoría de estas son alargadas y en dirección al eje del árbol.

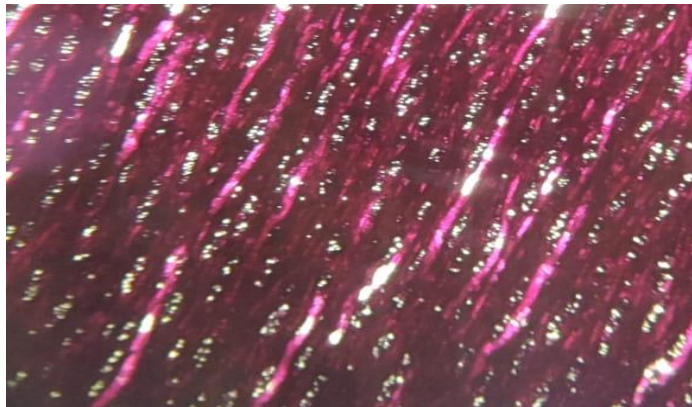
4.3.1. Vasos.

4.3.1.1. Tamaño.

Los vasos en promedio son de tamaño **Mediano** de 101 a 200 μ

4.3.1.2. Longitud de los elementos vasculares.

Medianos de 351 a 800 μ .



FUENTE: Elaboración Propia, 2024

4.3.1.3. Platinas de perforación.

Las placas de **perforación** se encuentran en los extremos de los elementos vasos y permiten el paso de fluidos entre vasos.

La inclinación de las platinas se encuentra es **en sentido oblicuo**, y se pueden denotar que la perforación de los vasos varía entre dos tipos como son así: simple y escleriforme.

4.3.1.4. Tipo de perforación

La inclinación de las platinas se encuentra en sentido **Simple**

4.3.1.5. Contenido.

Sustancias orgánicas: **Resina**.

4.3.1.6. Punteado intervascular.

4.3.1.6.1 Disposición

Cribiforme

4.3.1.6.2 Forma de las punteaduras

Redondeadas

4.3.1.6.3 Apertura

4.3.1.6.3.1 Disposición

Inclusas

4.3.1.6.3.2 Forma de la apertura

Redonda

4.3.2. Parénquima en la sección transversal

El parénquima es **multiseriado**

4.3.2.1. Parénquima apotraqueal

El parénquima apotraqueal es **difuso**, es decir: las células parenquimatosas se encuentran dispersas por todo el tejido leñoso.

4.3.2.2. Parénquima en la sección tangencial con safranina

Disposición: Estratificados.

4.3.3. Radios.

Los radios tienen la función de almacenamiento y conducción transversal de las sustancias nutritivas.

4.3.3.1. Clases de radios. En la sección radial y tangencial

Se clasifica el Radio en **Heterogéneo de tipo II**

4.3.4. Fibras.

Son células existentes solamente en Latifoliadas, constituyendo el mayor porcentaje de su leño y con función única de sustentación.

4.3.4.1. Dimensiones

Longitud (L): Corta menos de 900 μ .

Diámetro total (D): Menos de 16 μ .

4.3.4.2. Forma

Fusiforme

4.3.4.3. Punteado

Es ausente

DISCUSIONES

4.4. DISCUSIONES

Al no existir estudios de “Determinación de las propiedades anatómicas de la especie Queñua (*Polylepis tomentella wedd*), en nuestro país para poder realizar una comparación sobre las características Organolépticas, Macroscópicas y Microscópicas de la Queñua y realizar una discusión sobre la importancia de dicha especie, pero se pudo conseguir el siguiente estudio “Anatomía del leño y caracterización de los anillos de crecimiento en individuos de *Polylepis tarapacana* en el Altiplano - Tacna – Perú”, que corresponde al género *Polylepis* y que existe una similitud en sus características Taxonómicas.

Según estudio realizado en el Perú, la queñua (*Polylepis tarapacana* Phil., Rosaceae) presenta las siguientes características es un árbol pequeño de 1 a 3 m de altura, que crece entre 4.000 a 5.200 m s. n. m. en Perú, Bolivia, Chile y Argentina (Kessler, 1995). Sus hojas son coriáceas con una cobertura resinosa densa en la cara superior y una capa muy densa de pelos cerosos amarillos en la inferior; flores y frutos ocultos entre las hojas (Fjeldsa y Kessler, 1996), ramas muy retorcidas, corteza fibrosa, rojiza, desprendible en placas laminares (GRT, 2009). *P. tarapacana* crece en ambientes áridos con precipitaciones anuales que fluctúan entre 150 y 500 mm (Fjeldsa y Kessler, 1996), con fluctuaciones diurnas de temperatura de 20-30 °C entre las temperaturas máximas del día y las heladas nocturnas (GRT, 2009). Los bosques de *Polylepis* proporcionan servicios ecosistémicos que son valiosos a escala local, regional y global, como regulación hídrica, nutrientes del suelo, diversidad genética y almacenamiento de carbono, entre otros (Zutta *et al.*, 2012), en el caso de *P. tarapacana* categorizada como vulnerable constituye el único recurso maderable para el Altiplano peruano.

La especie estudiada (*Polylepis tomentella wedd*), en función a sus propiedades Organolépticas, Macroscópicas y Microscópicas, en comparación con el estudio “Anatomía del leño y caracterización de los anillos de crecimiento en individuos de *Polylepis tarapacana* en el Altiplano - Tacna – Perú”, del mismo Género realizado por **Requena-Rojas E. J.1 y A. Taquire Arroyo. (2019)**. En el estudio “Anatomía del

leño y caracterización de los anillos de crecimiento en individuos de *Polylepis tarapacana* en el Altiplano - Tacna – Perú”, Podemos decir que ambas investigaciones presentan anillos de crecimiento claramente distinguibles en superficies correctamente pulidas cuando son observadas bajo lupa.

4.4.1. Descripción Macroscópicas:

Según las Características Macroscópicas, en nuestro estudio “Determinación de las Propiedades Anatómicas de Especie Queñua (*polylepis tomentella wedd*), proveniente de la Comunidad de Ramadas-Yunchara-Tarija”, en la sección transversal de la rodaja, la medula presenta un color rosado intenso en estado verde, en estado seco es de color café intenso, el duramen presenta un color rosado claro en estado verde y en estado seco presenta un color café claro, la albura presenta un color amarillo suave en estado verde en estado seco un color amarillo pálido , también tienen el mismo olor aromático y los mismos anillos de crecimiento, claros e irregulares, distribución de los poros difuso, tamaño mediano, forma oval, con contenidos de resina y taninos, parénquima a simple vista son apotraqueal difuso en agregados, radios finos visible a simple vista. El veteado presenta en este estudio líneas verticales en la sección radial y arcos superpuestos en la sección tangencial, granos rectos y textura fina.

Rojas E. J.1 y A. Taquire Arroy (2019). En el estudio “Anatomía del leño y caracterización de los anillos de crecimiento en individuos de *Polylepis tarapacana* en el Altiplano - Tacna – Perú”, o muestran un anillo claramente distinguible, vasos de mayor abundancia abundantes de mayor diámetro, fibras leñosas con paredes celulares más engrosadas, vasos son diámetros pequeños distribuidos en un patrón semicircular, presentan porosidad semicircular, siendo las diferencias en el diámetro de las células de madera temprana y tardía lo que delimita los anillos de crecimiento, la madera tardía presenta fibras con paredes gruesas y planas radialmente. El límite del anillo de crecimiento en *Polylepis* está definido por la presencia de vasos de conducción al inicio del leño temprano, cuyo diámetro es algo mayor al resto de los vasos en el anillo y por fibrotraqueidas del leño tardío con paredes radialmente aplastadas.

4.4.2. Características Microscópicas:

Según sus caracteres microscópicos, ambos estudios presentan porosidad difusa y radios uniseriados conformados por una hilera de células cuadradas, también presenta las Platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas y de forma ovalada. Parénquima apotraqueal difuso, radios uniseriados, Platina de perforación simple, y puntuaciones bordeadas, Platina de perforación simple, fibrotraqueidas vasculares y elemento de vaso con placa de perforación simple.

De esa manera general, las características anatómicas a nivel macroscópico y microscópico observadas son casi similares a las reportadas para otras especies del género *Polylepis*.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos del estudio “Determinación de las Propiedades Anatómicas de Especie Queñua (*Polylepis tomentella wedd*), proveniente de la Comunidad de Ramadas-Yunchara-Tarija”, mediante la aplicación de la Norma COPANT Maderas, se tiene las siguientes conclusiones:

- En la sección transversal de la rodaja, la medula presenta un color rosado intenso en estado verde, en estado seco es de color café intenso, el duramen presenta un color rosado claro en estado verde y en estado seco presenta un color café claro, la albura presenta un color amarillo suave en estado verde en estado seco un color amarillo pálido, la albura presenta rajaduras en dirección de los radios.
- Dentro de sus características táctiles y apreciables, la madera del Queñua desprende ***un olor aromático*** y a la vez ***un sabor Astringente o amargo*** en estado húmedo, luego al alcanzar el estado seco, el olor y el sabor es distintivo.
- En la albura o sásmago en la sección transversal se observa un ***espesor muy angosto***, menos de 2 cm. Y un porcentaje aproximadamente de 29%. Y la restante sería de Duramen que su forma es excéntrica. Árboles con poco porcentaje de albura, es un indicador que el árbol adquirió un buen estado de madurez.
- Sobre el mismo plano transversal de la rodaja, se distinguen los ***anillos de crecimiento diferenciados con bordes claros e irregulares***, estos en un promedio de ***15 anillos por cada 5 cm de radio***, con un espesor que varían desde 1 mm hasta los 3 mm.
- Respeto a la madera, se puede apreciar ***un lustre o brillo medio o brillante***, como así también, se puede observar ***un veteado o figura con líneas verticales*** en la ***sección radial***, mientras que en la ***sección tangencial*** se encuentran ***figuras de arcos superpuestos***.

- Presenta una *textura fina, no visibles a simple vista*, difícilmente de observar con una lupa de 10 x. y con la ayuda del estéreo microscópico se puede observar con más claridad.
- La *distribución de los poros es difusa* y de *tamaño mediano, visibles a simple vista*, con la ayuda del estéreo microscópico se observa mucho mejor, la concentración no cambia con relación a los anillos de crecimiento, así mismo la forma de los poros es oval un tanto irregular por la agrupación.
- También se puede apreciar que el *parénquima* de predominancia *es apotraqueal difuso en agregados y bandas*.
- Microscópicamente *los vasos* presentan *tamaño mediano de a 101 a 200 μ* y la *longitud* de estos es corta en *un rango de 351 a 800 μ*.
- Las *placas perforadas* de los elementos vasculares *se encuentran en disposición en sentido oblicuo*, se distingue un *tipo de perforación simple*, desde la sección tangencial se puede apreciar un *punteado intervascular en disposición alterna*, en *forma redonda a oval*, así mismo la forma de *la apertura son ovaladas*.
- La clasificación de los *Radios* son *Heterogéneo de Tipo II*
- De manera general, las Características Anatómicas a Nivel Macroscópico y Microscópico observadas *en la comparación de las especies de estudio* en nuestro medio (Tarija) con los estudios realizados en Perú *son similares a las reportadas para otras especies del Género Polylepis*
- Descrito las propiedades organolépticas, las características macroscópicas y en especial su estructura microscópica, la madera de *esta especie estudiada puede ser utilizada en los trabajos de carpintería*, en la *elaboración de mesas y sillas, muebles en general* que no soporten una carga muy pesada, ya que la madera puede sufrir algunas deformaciones, se puede también *utilizar en el manufacturado de la ebanistería*, ya que *tiene un aspecto estético muy llamativo*.
- Se conoce que la Queñua *como combustible es muy usado para fuego doméstico*, es la especie *preferida para hacer carbón en las zonas de gran altitud*.

5.2. RECOMENDACIONES

Concluido con el trabajo de investigación de la especie queñua y en función a los resultados obtenidos, me permito brindar las siguientes recomendaciones:

- Por ser una especie no muy reconocida en nuestro medio se recomienda realizar más estudios macroscópicos y microscópicos empleando equipos más sofisticados y de elevada precisión con respecto a las mediciones y observaciones.
- Por ser una especie en proceso de investigación se recomienda realizar más estudios sobre el comportamiento de las propiedades químicas, con el fin de identificar posibles sustancias en su estructura anatómica y de la propiedades físicas y mecánicas.
- También se recomienda hacer estudios edáficos y de su ecosistema en las zonas donde se desarrolla esta especie.
- En cuanto a los posibles usos, es recomendable utilizar la madera la en la carpintería general, para la elaboración de mesas y sillas, etc. También en la ebanistería, para manufactura, en la artesanía.