

**CAPITULO I**  
**REVISION BIBLIOGRAFICA**

# **CAPITULO I**

## **REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA**

Las propiedades físicas de la madera, son aquellas que para manifestarse no requieren de la aplicación de una fuerza externa sobre la muestra, se determinan sin alterar ni cambiar la integridad de la misma, consiste en la observación, pesada, medida y el secado de cada probeta.

Para la preparación de las probetas se debe tomar en cuenta la correcta orientación de los anillos de crecimientos y que estén libres de defectos con una orientación bien definida en las diferentes caras radial y tangencial.

Según Hoheisel 1968, las propiedades dependen tanto del crecimiento, edad, contenido de humedad, posición del tronco y de la ubicación del terreno, de la cantidad de sustancias, y la proporción de los componentes primarios que se encuentran presentes en la pared celular y de la orientación y arreglo de los materiales de los diferentes tejidos (Alfaro, 2008).

#### **1.1.1 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 esta 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 %. (Alfaro, 2008).

#### **1.1.2 Movimiento del agua en la madera**

En las frondosas el movimiento de agua es a través de los vasos y fibras, durante el secado el movimiento del agua es mayor en sentido longitudinal, luego radial y es mínimo en sentido tangencial.

El agua se mueve de las zonas de mayor contenido de humedad a zonas de menor contenido de humedad, es decir que la superficie debe poseer menor contenido de humedad con relación al interior.

El principio de la pared fría nos indica que el agua se mueve de las zonas más calientes a zonas frías, es necesario que el centro esté más caliente que la superficie, para facilitar la salida del agua del interior hacia fuera de la madera (Cruz, 2006).

### **1.1.3 Formas en que se encuentra el agua en la madera**

Según Cruz 2004, la madera perteneciente a árboles recientemente apeados contiene los siguientes tipos de agua:

#### **a) 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 25-35%. A partir de esta condición, se producen modificaciones en las propiedades físicas.

#### **b) Agua de Impregnación**

Se suele llamar también agua de imbibición, es aquella agua retenida en la pared celular, o la máxima cantidad de agua que puede absorber en una atmósfera saturada, comprendida entre 0 % a 30 % de contenido de humedad, penetra en tres etapas que son: Sorción Molecular, Sorción Superficial, y Condensación Capilar, se encuentra ligada a la madera por medios físicos.

**Sorción Molecular**, es cuando los grupos polares de agua entran a la madera y son retenidas por las fibrillas elementales y microfibrillas debido a los grupos OH de la celulosa existente en la periferia de estas dos anteriormente nombradas y de la pared celular. Esta sorción acaba cuando la humedad es de 6 y 8 %.

**Sorción superficial**, adsorción sobre las moléculas de agua sorbida molecularmente, se ejecuta en los espacios de las fibrillas elementales y microfibrillas. Acaba entre 16 y 18 %.

**Condensación Capilar** aparece en los espacios de las fibrillas elementales, microfibrillas y lumen de las células, acaba cuando el contenido de humedad está en el punto de saturación de la pared celular.

### **c) Agua de Constitución**

Es aquella que entra a formar parte de los compuestos químicos que constituyen la madera, al eliminar o disminuir esta agua se origina la destrucción de la madera, ya que la misma puede ser eliminada solamente por carbonización.

## **1.2 Clasificación de la madera según su humedad**

Al aprear un árbol su madera del mismo posee gran cantidad de agua, el contenido es variable según la especie, procedencia y época de corta.

Dependiendo de la cantidad de agua presente en una madera se presentan tres estados los cuales son:

### **1.2.1 Estado de la 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, 2006).

### **1.2.2 Estado de la madera Seca al Aire**

Es la que se somete a un proceso de secado, ya sea natural o artificial lo que hace que pierda el agua libre y parte del agua de imbibición. Posee un contenido de humedad entre 12 y 18 % 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. (Hoheisel,1968).

### 1.2.3 Estado de la madera Anhidra

Aquella madera que tiene un contenido de humedad menor del 12 hasta 0 %. Todo este proceso que ocurre en una pieza de madera se debe a que esta es un material netamente higroscópico, es decir tiene la propiedad de ganar y perder humedad en intercambio con la humedad del ambiente, hasta establecerse en un equilibrio. Dicha propiedad se debe a dos características, una de ellas es la estructura porosa capilar que permite a la madera el paso de los vapores y líquidos a su interior, y la otra característica es su composición química, que hace que los grupos oxidrilos reaccionen con las moléculas de agua (Cruz 2006).

### 1.3 Determinación del contenido de humedad

Existen diversos métodos para ejecutar el cálculo del contenido de humedad los mismos que serán descritos a continuación:

#### a) Secado al Horno o por Pesadas

Es uno de los métodos más utilizados, debido a sus ventajas que presenta, ya que para su ejecución se utiliza muestras de pequeñas dimensiones, es preciso y sencillo, sin embargo una de la desventajas es el tiempo que se necesita para obtener resultados, consiste en cortar una pieza de madera con dimensiones establecidas según normas COPANT, las muestras son pesadas en la balanza obteniendo así su peso húmedo, posteriormente se la introduce a una estufa con temperatura de 40°C, 60°C y 103°C, + - 2°C en intervalos de 24 horas peso que es registrado como anhidro.

Para realizar su cálculo utilizamos la siguiente fórmula:

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

**Donde:**    **CH** = Contenido de humedad en %    **Ph** = Peso Verde en gr

**Po** = Peso Seco al Horno en gr.

## **1.4 CAMBIOS DIMENSIONALES DE LA MADERA**

Las alteraciones de humedad producen cambios dimensionales en la madera, se debe a las variaciones de ganancia o pérdida de agua en la pared celular.

### **a) Contracción y Dilatación de la Madera**

Se refiere a los cambios tanto en dimensiones como en volumen, debido a las variaciones en el contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras, es la disminución de dimensiones y/o volumen de la madera, se expresa en términos de porcentaje correspondiente al estado verde. (Galante, 1953).

### **b) Anisotropía**

Posee valores diferentes de dilatación térmica en sus tres dimensiones anatómicas, la dilatación radial y tangencial aumentan con la densidad de la madera, la dilatación longitudinal no depende de la densidad pero varía entre especies, las microfibrillas que forman la pared celular se colocan en mayor proporción a lo largo del eje de la célula y el agua higroscópica rellena los espacios entre ella, dicha agua al ser eliminada, las microfibrillas tienden a unirse entre sí, motivo que hace que la pared celular sufra una contracción en el corte transversal. (Montaño, 1997).

### **c) Estabilidad Dimensional**

Los cambios de humedad que suceden en el medio hacen que las maderas reaccionen de diversas formas, entre menores sean los valores de contracción y los coeficientes de retractoridad es mejor el comportamiento de las piezas de madera que se encuentran sujetas a cambios ambientales.

La relación existente entre las contracciones tangenciales y radiales, indica la aptitud que tiene una madera para comportarse una vez alcanzado el contenido de humedad correspondiente al equilibrio higroscópico del sitio. (Cruz, 2006).

## **1.5 DENSIDAD**

Es la masa por unidad de volumen a un determinado contenido de humedad, expresada en gramos por centímetro cúbico ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), la madera por ser un material poroso está

constituido por sustancias, las mismas que son indicadores de las propiedades mecánicas, características de trabajabilidad comportamiento en el secado, propiedades eléctricas, térmicas y acústicas. Se distingue cuatro densidades para la misma muestra de madera que son:

- **Densidad Verde (DV)**, es la relación existente entre el peso verde (PV) y el volumen verde (VV).
- **Densidad Seca al Aire (DSA)**, relación existente entre el peso seco al aire (PSA) y el volumen seco al aire (VSA).
- **Densidad Anhidra (DA)**, relación que existe entre el peso anhidro (PSH) y el volumen seco al horno o anhidro (VSH).
- **Densidad Básica (DB)**, es la relación entre el peso seco al horno (PSH) y el volumen verde (VV), es bastante utilizada debido a las condiciones en las que se basa, ya que son estables en una especie determinada.

## **1.6 PESO ESPECÍFICO**

El peso específico ( $Pe$ ) es la relación entre el peso de la madera a un determinado contenido de humedad y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera, considerando que la densidad del agua es igual a 1, se dice que la relación entre la densidad de la madera dividida entre la densidad del agua iguala a su peso específico (Álvarez, 2008).

## **1.7 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PESO ESPECÍFICO**

### **1.7.1 Factores propios de la madera:**

- Contenido de humedad
- Sustancias extractivas
- % de leño otoñal y primaveral
- Espesor de los anillos de crecimiento, etc.

### **1.7.2 Factores externos de la madera**

- Lugar de crecimiento
- Tratamientos silviculturales.

### 1.7.3 Fenómenos climáticos

- Incendios
- Inundaciones
- Heladas, etc.

### 1.8 POROSIDAD

Es el porcentaje total de espacios vacíos en la madera cuando es eliminada la totalidad del agua en la pieza (Galante,1953).

### 1.9 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

<b>Reino:</b>	Vegetal.
<b>Phylum:</b>	Telemophytae.
<b>División:</b>	Tracheophytae.
<b>Subdivisión:</b>	Anthophyta.
<b>Clase:</b>	Angiospermae.
<b>Subclase:</b>	Dicotyledoneae
<b>Grado Evolutivo:</b>	Archichlamydeae
<b>Grupo de Ordenes:</b>	Corolinos
<b>Orden:</b>	Rosales
<b>Familia:</b>	Fabaceae o Leguminosae
<b>Subflia.:</b>	Mimosoideae
<b>Nombre científico:</b>	<i>Acacia feddeana</i> Harms.
<b>Nombre común:</b>	Palqui
<b>Fuente:</b>	Herbario F.C.A. y F. (Anexos: Taxonomía virtual del Palqui)



### 1.10 DESCRIPCIÓN DENDROLOGICA:

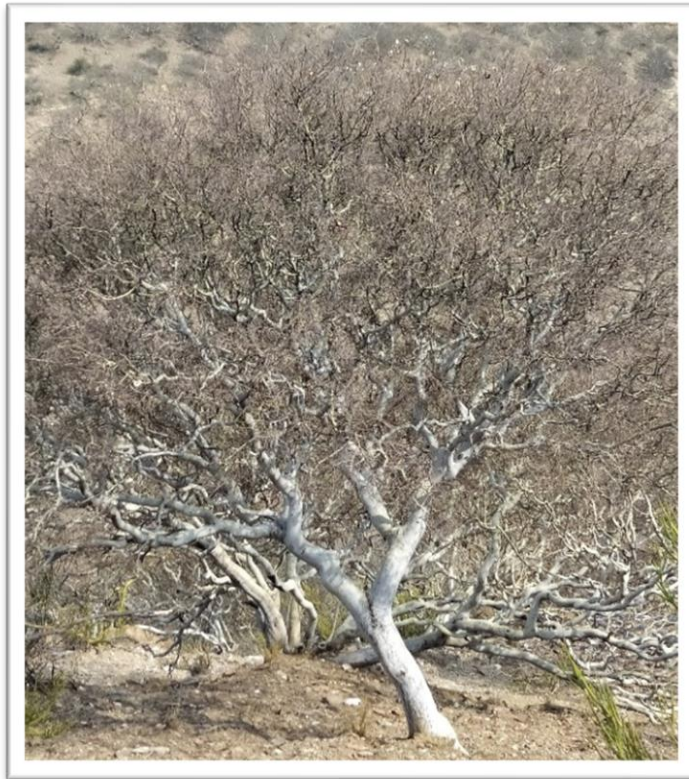


Foto 1: Especie arbórea Palqui (*Acacia feddeana* Harms.)

El palqui (*Acacia feddeana* Harms), se considera árbol pequeño caducifolio de 2 a 4 metros (Killeen, 1993) en sectores con suelos degradados se presenta en forma de arbusto con tallo tortuoso ramificado desde la base. Es una planta leguminosa de origen silvestre que crece, formando bosques de matorrales, en zonas desérticas templadas ubicadas en la región sud de Bolivia, que comprende el noroeste de Tarija, el sudeste de Potosí y la provincia de Sud Cinti de Chuquisaca.

Se caracteriza por su corteza lisa y de color plumizo a verdusco, hojas bipinadas alternas, con folíolos pequeños y numerosos, de forma oblongo lanceoladas; flores hermafroditas, pequeñas de color amarillo vistoso y muy fraganciasas, agrupadas en cabezuelas globosas; frutos vainas alargadas de 7 a 15 cm de largo de color rojo o jaspeado, dehiscentes con 1 a 8 semillas grandes ovales o redondeadas ricas en proteína (Aruquipa, 2012).

El tronco de esta planta presenta formas sinuosas, puede tener un tallo único o más de dos tallos principales; su corteza es liza de una coloración plumiza en su generalidad, el diámetro es variable dependiendo si la planta presenta un fuste limpio o varios tallos, sin embargo, los ejemplares maduros varían entre 5 a 40 cm de diámetro en la parte basal.

Por su rusticidad esta planta puede sobrevivir en condiciones extremas de suelos debido a la estructura de sus raíces de tipo rastrero con muchas ramificaciones y por la capacidad de poder penetrar en el material rocoso compacto, estas raíces se extienden varios metros de longitud que le permite asimilar humedad y nutrientes necesarios para su ciclo vegetativo.

#### **a) Copa**

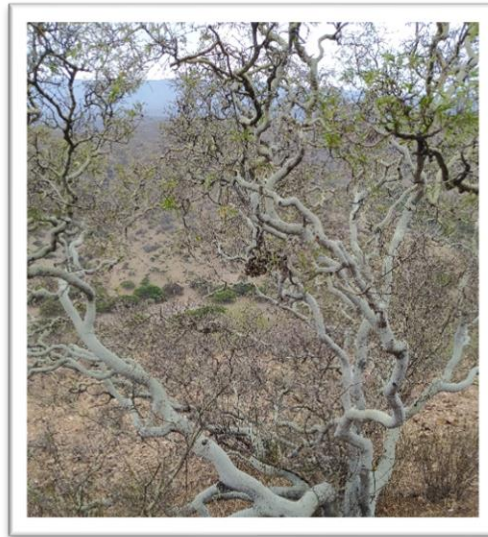


Foto 2: Copa y ramificación de la especie Palqui (*Acacia feddeana* Harms.).

La copa presenta muchas ramificaciones que le otorgan una estructura tupida de forma irregular que cubre el contorno del tallo. En las partes apicales de la planta presenta una coloración café oscuro.

### a) Hojas y fruto



Foto 3: Hojas y fruto de la especie Palqui (*Acacia feddeana* Harms).

Posee hojas compuestas bipinnadas con un solo par de pinas (1.5 a 2 cm de largo), hojuelas muy pequeñas de unos 2 mm de largo, se dice que las hojas son ramoneadas por el ganado caprino, siendo por esta causa el forraje de mayor importancia en los lugares donde crecen estas plantas.

Cuando empieza la época de lluvias en el mes de noviembre, esta planta empieza a florecer abundantemente y al mismo tiempo empieza la brotación.

La inflorescencia tiene una coloración amarilla dispuesta en forma de espigas sésiles, al terminar la floración se torna de color anaranjado. La floración del palqui es interrumpida a veces cuando se presenta condiciones ambientales desfavorables como ser; heladas, fuertes vientos y lluvias intensa que alteran la polinización, las flores se caen sin producir los frutos.

El fruto es una vaina de 5 a 15 cm de largo por 1 a 1.5 cm de ancho y de 0.5 cm de grosor; la coloración de la vaina es variable siendo los principales verde claro y rojizo. Dentro de esta vaina está el fruto propiamente dicho, que tiene de dos a ocho frutos

parecidos al haba con la diferencia de que son redondeados planos de color verde claro cuando han llegado a su madurez fisiológica.

El fruto del palqui termina su maduración completa en los meses de febrero a marzo, esta época es momento oportuno para realizar la cosecha, donde el fruto se vuelve de color negro en la misma planta, para luego caer al suelo, lo que no ocurre en las hojas donde continúan en la misma planta, siendo la caída de follaje a fines de verano.

Las semillas caen al suelo en el mes de abril por el efecto de la dehiscencia, de modo que esta es la época apta para la recolección de semillas la que no requiere de tratamiento adicional y presenta un alto porcentaje de germinación. La siembra del palqui en un sustrato de tierra del lugar y abono vegetal en una relación 1:1, arroja una germinación del 90% en un periodo de 8 a 15 días, no requiere de mucha humedad. La humedad excesiva trae como consecuencia la pudrición de la semilla.

Esta planta tiene la capacidad de rebrotar a partir de los tocones, cuando se corta de uno de los tallos, no así cuando se cortan todos los tallos o ramas principales, en este caso la planta muere. Romero, 2006

### **1.11 Distribución geográfica**

Según APROPALQUI (2007), el palqui es un árbol nativo que se encuentra conformando extensos bosques en la región de los Chichas del Departamento de Potosí, así como parte del departamento de Chuquisaca y Tarija. La mayor potencialidad en cuanto a extensión y calidad de ejemplares, de esta especie valiosa se encuentra en el Dpto. de Potosí; y está adaptada a ecosistemas de bosque xerofítico donde las condiciones de sitio tienen limitaciones en cuanto al recurso agua. Con una distribución que va desde 2600 hasta 3300 msnm.

### **1.12 Usos del palqui**

El palqui principalmente se utiliza como leña; la madera sirve para la fabricación de mangos de herramientas y utensilios domésticos (cucharas), pero a la vez tiene mucha importancia como alimento y forraje; las semillas tiernas sirven para la preparación de

diferentes platos típicos como ajíes y guisados; las semillas maduras se consumen tostadas y como sustitutos del café. Forrajera por excelencia y muy apetecida por el ganado caprino, ovino y vacuno, que consumen el follaje, flores frutos tiernos, semillas y hojarasca. Los brotes anuales o bianuales se usan en cestería (canastas), Los frutos de palqui deshidratados y las semillas tostadas se comercializan en las ferias y centros mineros del sur (FAO/HOLANDA, 1994).

**CAPITULO II**  
**MATERIALES Y METODOS**

## MATERIALES Y METODOS

### DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 2.1 Localización

Santiago de Cotagaita, Primera Sección de la provincia Nor Chichas del departamento de Potosí, localizada aproximadamente a 180 km de la ciudad de Potosí con caminos de acceso permanente.

Limita al norte con Caiza “D”, al este con Vitichi, Camargo y Camataqui (estos dos últimos en el departamento de Chuquisaca), al sur con Tupiza y Atocha, y al oeste con Uyuni y Tomave.

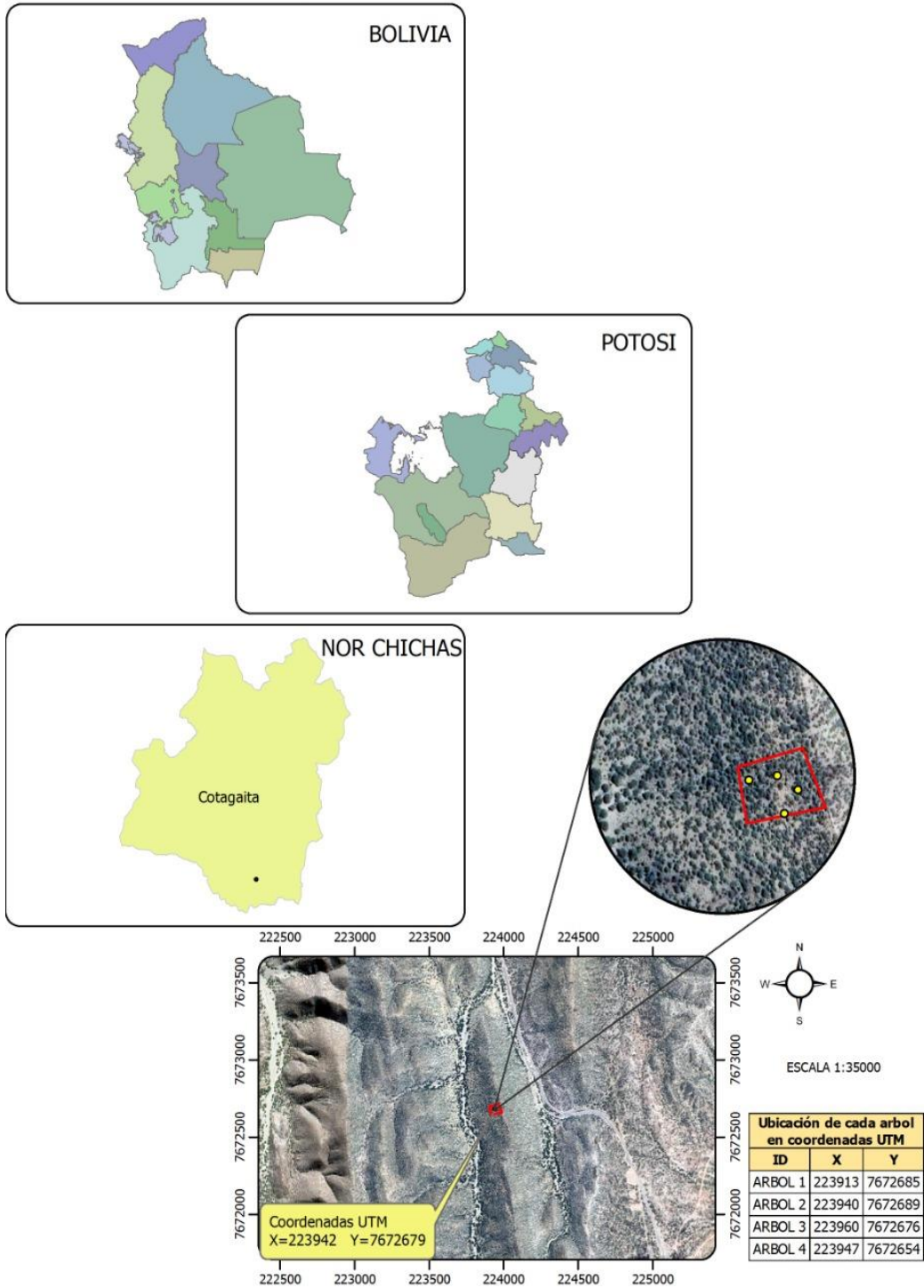
Geográficamente el Municipio de Santiago de Cotagaita se encuentra en la Cordillera de los Chichas, pertenece a la región de las serranías altas con terrazas, planicies, aluviales, valles y mesetas que conforman cuencas y microcuencas.

El área de estudio geográficamente comprende entre los paralelos: latitud sud 21°1'32.96" y longitud oeste 65°39'22,58" a una altitud de 2750 m.s.n.m.

#### 2.2 Fisiografía y características geomorfológicas

La sección municipal de Cotagaita, se encuentra en la Cordillera de los Chichas, paralelo a la Cordillera de Tajsara en su parte sur este, límite con el departamento de Chuquisaca. El paisaje que caracteriza e identifica a Cotagaita son valles alto andinos y cabeceras de valle dispuestos en cuencas y micro cuencas donde se concentra la mayoría de la población, también se encuentran relieves montañosos y llanuras onduladas que se encuentran en una zona de serranías que constituyen la transición entre ambas estructuras.

# MAPA DE UBICACION



Fuente: Elaboración propia.



La fisiografía del terreno presente en la sección municipal de Santiago de Cotagaita, se caracteriza por tener una topografía ondulada, variando desde planicies de poca pendiente, rodeada de cerros al margen de los ríos Cotagaita, Tumusla, Cazón y otros afluentes bastante irregulares definiendo de esta manera cinco zonas agro ecológicas determinadas principalmente por la altura y el clima (Diagnóstico Municipal Consolidado, 2008).

### **2.3 Suelo**

En gran parte de los suelos del municipio, se aplican técnicas de conservación de suelos, mediante andenes (terrazas) en las partes altas, donde los procesos erosivos por derrumbe se producen en los límites de los ríos y quebradas.

Procesos de salinización graduales y sostenidos, que presentan los suelos como efecto de la composición geológica de las cuencas, especialmente del río Cotagaita. Los suelos de los distritos de Cotagaita y Toropalca, presentan elevados grados de contaminación, derivada del uso del agua del río Tumusla de acuerdo a ZONISIG debido a la explotación de los recursos mineros está orientado a elementos como el azufre, cobre, manganeso hierro que va provocando la contaminación los suelos productivos.

Los suelos forestales o de pastoreo, presentan bajo grado de cobertura vegetal, que deriva en fuertes a moderados procesos de erosión sostenida, en el territorio municipal.

De acuerdo a la capacidad de uso se ha identificado que las tierras aptas para cultivos y otros representan un 51%, las tierras aptas solamente para cultivos perennes representan un 27 %, mientras que las tierras forestales representan un 22 % (Diagnóstico municipal consolidado, 2008).

### **2.4 Relieve y topografía**

El conjunto de las formas fisiográficas, se disponen de Norte a Sur - Este y configuran cuencas y micro cuencas, con causes sinuosos, que dan lugar a terrazas naturales, pie de montes donde se desarrolla la actividad agrícola intensiva bajo riego.

Las unidades fisiográficas de las montañas, tienen elevaciones accidentadas y rocosas con pendientes mayores al 25%, normalmente no se practica la agricultura, su

vegetación está constituida por arbustos leñosos (Churqui, Algarrobo, Palqui, Quewiña, Thola y Cactus) diversidad de pastos silvestres y paja, son zonas donde los animales encuentran su alimentación en pastoreo libre, ocupando la mayor cantidad de espacio del territorio de la sección municipal.

En las laderas con pendientes de 10 a 15% de inclinación se encuentran ubicadas las comunidades asentadas en las que se desarrollan las actividades de producción, son aptos para la agricultura, que en mucho de los casos es difícil acceder al líquido elemento y en alguna total ausencia de este recurso, el cual no permite desarrollar potencialmente su uso.

Esta instancia divide al territorio municipal en cinco zonas bien marcadas, situadas entre los 2400 m.s.n.m. los valles en la rivera de los ríos Tumusla, Cotagaita, San Juan del Oro, con presencia marcada de cuencas y micro cuencas que bañan a la sección municipal (Diagnóstico municipal consolidado, 2008).

## **2.5 Características Físico-Biológicas**

### **2.5.1 Pisos ecológicos**

En el Municipio de Cotagaita el rango hipsométrico va desde los 2.200 a 5.000 m.s.n.m., esta característica determina, que se alternen espacios de relieve diferenciado, conformando diferentes zonas agro ecológicas, presentes en el municipio, es así que se encuentran 5 zonas; Alto andino, que conjuntamente con los Valles ocupan la menor superficie territorial, predominando la Puna Alta. La actividad agrícola se concentra en la Puna Baja, Cabeceras de Valle y Valles.

#### **a) Templados (Puna Baja – Cabecera de Valle)**

Se caracterizan así a todas las serranías y laderas con clima benigno (templado), es el equivalente a la denominación de “puna baja y cabeceras de valle”, está entre los 2.800 a 3.600 m.s.n.m. con su fisiografía montañosa e irregular y por lo mismo elevado grado de erosión.

**b) Valle** Este piso ecológico presenta un clima frío que abarca un 15% del municipio, caracterizado por suelos ondulados, con pendientes pronunciadas donde la característica principal es la serranía.

Esta zona tiene como característica un clima benigno que abarca principalmente la rivera de los ríos Tumusla, Cotagaita y otros, presentando serranías y terrenos con pendientes que van de moderadas a muy pronunciadas con riesgo de erosión. Esta zona se caracteriza por una amplia gama de productos y variedades de maíz, hortalizas, arvejas, duraznos, uva, peras, tunas y especies arbóreas como el molle, churqui, thaco y algarrobo.

**c ) Fríos (Puna alta – Alto andino)**

Es el piso más elevado, normalmente se encuentra en las cumbres y laterales de las montañosas más altas de la zona Río Blanco, Sagrario, Tasna, Totorá I en su región oeste, está ubicado entre los 3600 a más de 4100 m.s.n.m. con una fisiografía relativamente más estable en el aspecto de erosión que las zonas calientes. En sus partes más altas presenta bofedales y frecuentemente afloramientos rocosos en formación. La agricultura es propia de los andes, con predominio del cultivo de papa, trigo, oca, cebada.

Fuente: (Diagnóstico municipal consolidado, 2008)

<b>Cuadro 1. Zonas agro ecológicas del Municipio de Cotagaita</b>				
<b>Zona Agro Ecológico</b>	<b>Superficie Km 2</b>	<b>Porcentaje %</b>	<b>Características Principales</b>	
Alto andino	2043.53	33.30	Pajonales	
Puna Alta	443.64	7.23	Pajonales asociados a vegetación arbustiva abierta	
Puna baja	1818.22	29.63	Vegetación arbustiva abierta, con árboles aislados, con pequeños terrenos de cultivo	
Cabecera de Valles	1528.69	24.91	Vegetación arbustiva abierta, con suelos cultivados en terrazas	
Valle	302.17	4.92	Vegetación arbórea abierta, asociada a frutales y cultivos en terrazas	
<b>Total</b>		<b>6136.25</b>	<b>100.0</b>	

Fuente: (Diagnóstico municipal consolidado, 2008).

## 2.6 Clima

De acuerdo a datos del mapa ecológico de Bolivia, la zona de Cotagaita, presenta clima variado con cambio térmico invernial bien definido (seco), la distribución de humedad en otoño, invierno y primavera semi húmedo, determinados por dos variables de latitud y la fisiografía de la zona. Donde la latitud tiene influencia directa y la presencia marcada de una estación seca de invierno y una estación lluviosa de verano. Pero en el cruce con la variable altura que actúa como elemento de diferenciación, tal es el caso de las comunidades de Totora I, Checochi, Sagrario, Tasna, Río Blanco, que se

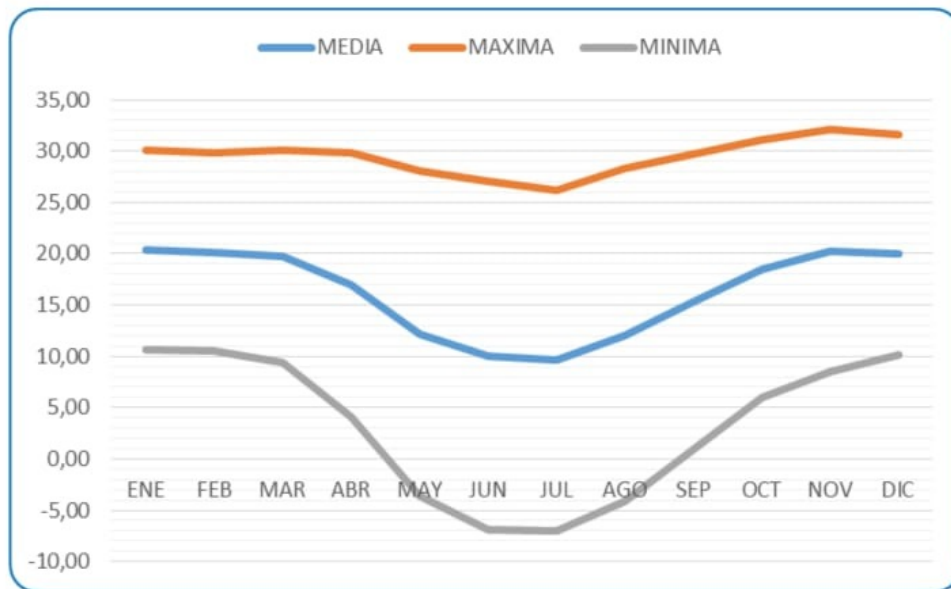
encuentran algunas de sus comunidades en las zonas altas, donde la amplitud termal es un factor limitante en la actividad agropecuaria, con presencia de heladas que afectan a cultivos y frutales.

En toda el área del municipio de la primera sección de provincia Nor Chichas la clasificación climática se describe como: Clima Semiárido de verano templado e invierno templado una región que posee un clima templado tiene una temperatura que varía regularmente a lo largo del año, con una media superior de 10C, en los meses más cálidos

### 2.7 Temperaturas máxima y mínima

Según la clasificación climática, la zona corresponde a estepa semiárida, con clima templado, presentando variaciones significativas, en cada zona agro ecológica. El municipio de Cotagaita cuenta con estaciones telemétrica lo que permite registros diarios y de pronósticos del tiempo para una alerta temprana, esto permite prevenir algunos fenómenos naturales como vientos, lluvias y otros.

**Cuadro 2. Registros meteorológicos: Temperatura °C**



**Fuente:** SENAMHI, 2000-2015

## 2.8 Precipitaciones pluviales

En el sector nor-oeste de la sección se presenta la zona de menor precipitación 300–400 mm anuales aproximadamente, la zona este, sur y central presenta una mayor precipitación que la anterior, con rangos que van desde los 400 - 500 mm anuales, franja que afecta al 65% del total de las comunidades territoriales del municipio.

De acuerdo a los datos meteorológicos de las dos estaciones mencionadas, la precipitación anual media es de 311.25 mm, los meses más lluviosos son diciembre, enero y febrero.

<b>Cuadro 3. Registros meteorológicos: Precipitación mm.</b>		
<b>Registro</b>	<b>Escara</b>	<b>Tumusla</b>
	<b>1997 - 2007</b>	<b>1997 – 2007</b>
Precipitación anual	273.6	348.9
Precipitación máxima extrema	86.5	77
Precipitación mínima extrema	0.1	0.0

Fuente: SENAMHI, 2010

## 2.9 Riesgos climáticos

Los riesgos climáticos de incidencia en el municipio de Cotagaita, están presentes afectando principalmente en la producción agropecuaria, vienen a ser un factor que afecta negativamente a la actividad productiva (heladas, granizo, vientos, riadas), por los factores que se incrementan por la creciente devastación de la cobertura vegetal y la ausencia de obras biológicas para su intercepción, como ser barreras de especies arbóreas (barreras vivas) que interactúen en la mitigación del viento en espacios de producción agrícola, frutícola, influyen en los bajos niveles de producción actual.

### **a) Heladas**

En las zonas altas y de cabecera de valle de la sección municipal de Cotagaita por encima de los 2600 m.s.n.m. se presentan heladas, pero fuera del ciclo vegetativo de los cultivos, generalmente entre los meses de junio - agosto, afectan con mayor incidencia en los cultivos, y frutales en las partes altas y a terrenos que están en la ribera de los ríos de Tumusla Cotagaita, Totorá y Caiti, San Juan del Oro, la época con mayor riesgo para la agricultura se encuentra entre los meses de Septiembre -Diciembre - Enero, donde las plantas están en pleno desarrollo; aunque no se precisa con exactitud el grado de pérdida de los cultivos, indican que en muchos casos la pérdida como referencia llega de un 20 a 50% del total de la producción.

### **b) Granizadas**

Esta precipitación en estado sólido afecta frecuentemente a la actividad agrícola y frutícola, en muchos de los casos se presentan con bastante intensidad, acompañada de lluvias copiosas de poca duración, comúnmente conocidas como tormentas, cuyo efecto erosivo es bastante considerable. Su efecto en los cultivos principalmente cereales y hortalizas es muy difícil de cuantificar y varía de acuerdo a la intensidad, la duración de los mismos es aproximadamente de 10 a 60 minutos en los meses de diciembre a marzo, la forma de control que se practica es con el uso de la dinamita y la quema de paja o fogatas como forma de controlar las granizadas, medidas que no siempre logran el efecto esperado.

### **c) Sequía**

Fenómeno que se viene presentando en los últimos años en el municipio, generalmente en la etapa de crecimiento de los cultivos vale decir en los meses diciembre y comienzos de enero, factor que afecta negativamente en la producción agrícola normal.

### **d) Lluvias (riadas)**

La intensidad de precipitación pluvial tiene efectos irreversibles en la zona, ya que la exposición de los terrenos en una topografía presente en cuenca y micro cuencas con pendientes moderadamente elevadas y estructura de suelo, ocasionan la erosión por

derrumbes y pérdida en cárcavas del recurso suelo, disminuyendo alarmantemente la superficie cultivable de los productores campesinos, perjudicando a los cultivos de maíz, papa, hortalizas y trigo principalmente.

#### **e) Vientos**

Los vientos que cruzan el territorio del municipio generalmente son de dirección oeste a este, presentándose en los meses de junio, julio, agosto y parte de septiembre, ocasionando el acame de cultivos de cereales (follaje) y el desprendimiento de flores y frutos de frutales en su etapa inicial.

La frecuencia con la que se presentan estos factores climatológicos determina los niveles de producción en cada una de las zonas productoras agrícolas del municipio, la granizada es considerado el fenómeno más perjudicial con 32 % sobre los demás, es seguida por la sequía con 23 % y las heladas con 22%.

#### **2.10 Zonas y grados de erosión**

Aunque el nivel de erosión de los suelos varía de un lugar a otro, es un problema serio en toda la zona existente, la forma de erosión es la hídrica laminar, siendo más frecuente en zonas de menores pendientes (altiplano) mientras que la erosión hídrica en cárcavas ocurre en lugares de mayor pendiente y partes laterales de los ríos que confluyen a los diferentes ríos existentes en la sección municipal.

Los dos tipos de erosión (hídrica y eólica) tienen sus propias estaciones, claramente la primera se presenta como un problema durante la época de lluvias intensas, que ocurre en los meses de diciembre a marzo, la erosión eólica es más problemática durante los meses de junio hasta septiembre donde los vientos son más fuertes incidiendo sobre los suelos secos sin protección vegetal en el caso de las tierras dedicadas a la agricultura.

La capacidad de retención de agua de los suelos es muy baja en función de su profundidad y estructura. Se observa casi en todo el municipio la existencia de tres tipos de erosión, hídrica, eólica y erosión por efecto del sobre pastoreo, las mismas son caracterizadas como alta, media y baja.



La magnitud de la erosión hídrica depende de la inclinación de las laderas y es determinada decisivamente por la intensidad de las precipitaciones, como en el caso de la zona de Cotagaita, que presenta pendientes generalmente escarpadas, con débil grado de cobertura vegetal discontinua, arrastrando las partículas finas del suelo por escorrentía provocando efectos muy severos en las tierras del cultivo y pastoreo de la zona, llegando a provocar derrumbes y formación de cárcavas.

La erosión eólica es determinante en las zonas del municipio, por cuanto la fisiografía de cuencas y micro cuencas en las cuales se encuentran asentadas las comunidades y las zonas de producción inciden a este factor climático que va desde media a elevada, incidiendo generalmente en las zonas onduladas de Cotagaita, Tumusla, Ckara Ckara, Totorá I, Ramdas, Vichacla así como en las zonas altas de Sagrario, Tasna y Río Blanco.

Muchos factores son responsables para la pérdida de los suelos en el municipio, y se puede clasificarlos como:

- El sobre pastoreo es una de las prácticas que aceleran el proceso erosivo del suelo. En el Municipio de Cotagaita, aunque es moderadamente reducido el hato ganadero familiar, existe una excesiva carga animal, debido a la escasa producción de forrajes y disponibilidad insuficiente de espacios de pastos naturales.
- La deforestación provocada por la explotación irracional de árboles y arbustos principalmente como fuente de energía (leña), acompañada con prácticas culturales inadecuadas, como la quema de pastos y otro tipo de vegetación protectora del suelo; así como la rotación inadecuada de cultivos, la desprotección de las áreas de descanso y barbecho y la labranza excesiva entre otros, se constituyen en factores determinantes para la pérdida del recurso suelo en el municipio de Cotagaita.

La presencia de suelos en topografías expuestas a riadas, determinan la exposición adversa de los suelos a los factores climáticos de la región.

- Por situarse en una región de topografía accidentada, las tierras cultivadas más expuestas a la erosión hídrica se ubican en la región de mayor precipitación (centro del municipio).

- En algunas cuencas y micro cuencas del municipio de Cotagaita, el uso de aguas para riego está contaminadas por sales y/o por elementos tóxicos vertidos por actividades mineras (Atocha, Porco, Río Blanco), representa un peligro para los agricultores, disminuyendo la fertilidad de los suelos y provocando menores rendimientos hasta la desertificación total de los mismos.

## **2.11 FLORA**

### **a) Especies nativas**

Las especies nativas que destacan por su abundancia son, el churqui (28%), el algarrobo (22%), el palqui (24%), la thola, la qeñua, los cactus en diferentes variedades, yareta, T'ankara, y otros menos difundidos en toda la sección municipal, especies que están sufriendo un proceso de explotación sin la renovación correspondiente por parte de las familias campesinas, como consecuencia se observa superficies despobladas de vegetación que proteja el suelo, dando paso a los grandes afloramientos rocosos y formación de quebradas.

Las necesidades energéticas de los pobladores, les obliga a hacer uso de la vegetación nativa como única forma de dotarse de energía (leña), sacando los arbustos incluso de raíz ocasionando una progresiva pérdida de las especies y el despoblamiento de áreas arbóreas nativas como churqui, algarrobo, thola y qeñua.

El sobre pastoreo no permite una recuperación de los pastos en las praderas, imposibilitando por completo la formación de semilla y posterior reproducción de los mismos, provocando el debilitamiento progresivo de las pasturas que no logran sobrevivir a las condiciones adversas.

<b>Cuadro 4. Frecuencia relativa de especies nativas arbóreas y arbustivas en peligro de extinción</b>	
<b>Vegetación en peligro de extinción</b>	<b>Frecuencia relativa de abundancia</b>
Algarrobo	22.0%
Catawi	5,3%
Churqui	28.0%
k'atani	3,5%
Molle	10,0%
Palqui	24.0%
Sinki	3,6%
Thola	3,6%
<b>Total general</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Diagnostico municipal consolidado, 2008

Como se observa en el cuadro N° 4, se tienen un grado de extinción relativa de especies importantes como el churqui, el palqui, el algarrobo y otras especies cada vez más alejadas a los centros poblados de las comunidades y de difícil acceso para su recolección como leña y forraje.

#### **b) Principales especies**

Respecto a los recursos naturales de tipo vegetal y con mayor predominancia están las especies arbóreas nativas como el churqui, el algarrobo, el palqui, la thola y como especies arbóreas introducidas está el molle, el álamo real, y el eucalipto en la parte de

la puna y cabeceras de valle, mientras que, en los valles, predomina la vegetación como el Churqui, algarrobo, molle y k'ara llanta.

<b>Cuadro 5. Vegetación por nombre común y científico</b>					
<b>Especies arbóreas</b>		<b>Especies herbáceos</b>		<b>Especies exóticas</b>	
<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Palqui	<i>Acacia faddeana</i>	Ichu	<i>Stipa ichu</i>	Sauce	<i>Salix babilónica</i>
Katawi– Sinki		Iro ichu	<i>Stipa glumma</i>	Cipres	<i>Cupresus sp.</i>
Quiñi	<i>Acacia aroma</i>	Pastito	<i>Bouteloa simplex</i>	Álamo piramidal	<i>Populus pyramidalis</i>
Molle	<i>Schinus molle</i>	Cebollita	<i>Nothoscordum sp</i>	Eucalipto	<i>Eucalitus globulus</i>
K´ara llanta	<i>Nicotiana glauca</i>	Lapha	<i>Calamagrostis sp</i>	Duraznero	<i>prunus pérsica</i>
Muña	<i>Satureja boliviana</i>	Pasto blanco	<i>Sporobolus spp</i>	Higo	<i>Ficus carica</i>
Chilca	<i>Baccharis lanceolada</i>	Chiji	<i>Muhlemberei a sp</i>	Manzano	<i>Pirus malus</i>
Sanu sanu	<i>Ephedra americana</i>	Cachu chiji	<i>Muhlemberei a sp</i>	Vid	<i>Vitis vinifera</i>

Turquiña	<i>Panisetum chilensi</i>	Pajilla	<i>Eragrostis virescens</i>	Ciruelo	<i>Prunus domestica</i>
Algarrobo		<i>Prosopis laevigata</i>	Garbancillo		<i>Astragalus spp.</i>
Churqui		<i>Prosopis ferox</i>	Añawaya		<i>Adesmia spp.</i>
Thola		<i>Baccharis sp</i>	Tiembla		<i>Nierembergia sp</i>
Charcoma		<i>Proustia cf. Cuneifolia</i>	Ajara		<i>Chenopodium petiolare</i>
Soto		<i>Schinospis haenkeana</i>	Agujilla		<i>Erodium cicutarum</i>
Ciega		<i>Heterophilla ea liciooides</i>	Mala hierba		<i>Acanthospermum hisdum</i>

**Fuente:** Diagnostico municipal consolidado, 2008.

## 2.12 FAUNA

La fauna silvestre de los valles interandinos y altiplano, está diseminado en el marco de las características físico naturales de la zona de Cotagaita, con extensas áreas rocosas y pendientes relativamente pronunciadas, la sección se constituye en importante área para la vida de animales silvestres.

La fauna presente en el territorio municipal, es una muestra de la representación de la zona Sur del departamento de Potosí. Las especies más importantes corresponden a las siguientes: Zorro (*Canis culpeus*), comadreja, zorrino (*Conepatus chinga*), víboras, liebres (*Sylvilagus sp.*), gato montes (*Felis jacobita*), vizcachas (*Lagostomus aximus*),

puma andino (*Felis concolor*), rata (*Oryzo mys sp*), perdiz o pisaca (*Timotis pentlandi*), conejo cuy (*Microcuvia niata*); venado, león y otras especies menores de aves y una importante fauna insectil

<b>Cuadro 6. Frecuencia relativa de existencia de especies de fauna</b>	
<b>Principal especie de fauna</b>	<b>Frecuencia relativa %</b>
Águila	0,7
Alcamari	0,5
Buho	0,5
Comadreja	0,9
Condor	3,1
Garza	0,2
Gato montes	5,2
Halcón	0,2
Huanaco	1,2
León	24,3
Liebre	11,1
Lobo	0,7
Loro	0,2

Escollo	1,7
Perdiz	2,8
Rata	0,2
Uron	0,7
Venado	0,2
Víbora	2,1
Vicuña	1,7
Vizcacha	10,1
Zorrino	3,5
Zorro	28,1
<b>Total, general</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Diagnostico municipal consolidado, 2008

Las especies anteriores, causan diversos daños a la producción agrícola, tal es el caso de las aves pequeñas que se convierten en una plaga para el cultivo de maíz y frutales, los zorrinos y ratas perjudican principalmente al cultivo de papa y tunales. El zorro, el león, el gato montés y el puma andino son los enemigos naturales del ganado caprino, ovino y bovinos (terneros).

La fauna insectil, de importancia agronómica va en aumento, derivado de los controles con agroquímicos en la producción agrícola sin distinción de insectos benéficos y enemigos naturales, sumándose las condiciones requeridas para su multiplicación como ser sitios secos y húmedos.

## **2.13 Recursos hídricos**

### **a) Fuentes de agua, disponibilidad y características**

Los recursos hídricos de la sección municipal de Cotagaita, lo constituyen los sistemas de ríos que son los afluyentes y sub afluyentes de ríos importantes como el río Tumusla, el río Cotagaita cuyas aguas desembocan en los afluentes del río Pilcomayo pertenecientes a la cuenca del Plata.

La existencia de estos ríos hace que se establezcan programas y proyectos considerando el potencial de los mismos en cuestión de micro riego en varias cuencas y micro cuencas del municipio de Cotagaita.

Las fuentes de agua más importantes en el ámbito comunal se constituyen los ojos de agua (phujyu), las vertientes y quebradas, en el caso de los dos primeros en su mayoría son permanentes, pero con caudales mínimos (1 a 1.5 lt/s), estas fuentes de agua sirven en su totalidad para consumo humano.

El agua que se presenta a través de las quebradas, en su mayoría es de carácter temporal, en época de lluvias son utilizadas para riego, existen algunas de estas quebradas con permanente movimiento de aguas subterráneas que se constituyen también como importantes fuentes del líquido elemento, algunas corrientes en quebradas grandes mantienen un caudal medio de 30 lt/seg, que pueden ser aprovechados para riego.

### **b) Cuencas, subcuencas y ríos existentes**

En la región del municipio de Cotagaita se destaca dos cuencas principales, cuales son las del río Cotagaita, Tumusla, y la subcuenca del río Quechisla y Toropalca, Totorá I, Ckara Ckara, Cotagaitilla, Limeta, Toclá y el Río Blanco que se unen en su totalidad perpendicularmente al río San Juan del Oro y el río Pilcomayo.

## **2.14 COMPORTAMIENTO AMBIENTAL**

La Sección Municipal de Cotagaita es parte constitutiva de la cordillera alto andina del departamento de Potosí, zona de vida clasificada como bosque húmedo de montaña



templada, caracterizado como zona agropecuaria de frágil deterioro, debido al relieve y topografía en la cual están asentadas sus distintas comunidades.

### **2.15 POBLACIÓN**

La población urbana y suburbana (está muy dispersa) es de 31.602 habitantes. De los cuales un 47 % son hombres y un 53 % son mujeres teniendo una densidad poblacional de 7 habitantes por km<sup>2</sup>. con una tasa anual de crecimiento de 2.15% explicada por los elevados índices de migración tanto temporal como definitiva orientada principalmente a Argentina, a ciudades del eje nacional y países del extranjero; ante las escasas expectativas de trabajo y la progresiva parcelación de los terrenos que reducen su productividad (INE, 2012).

La tasa de analfabetismo es de un 18 % hasta un 27 %; con mayor prevalencia en mujeres que en varones (FAUTAPO, 2013).

La cobertura de educación para su población total, cuenta con 113 centros educativos que cubren principalmente el nivel primario y con menor alcance el secundario y superior.

### **2.16 SALUD**

La región cuenta con 25 centros de salud de atención primaria, 1 hospital básico. Carece de especialidades de un hospital general (FAUTAPO, 2013).

### **2.17 ENERGÍA**

La cobertura de energía eléctrica en áreas urbanas asciende hasta un 70%; mientras que en las áreas rurales alcanza hasta un 40 %. La energía utilizada para cocinar alimentos, en las áreas urbanas, es el gas licuado, principalmente, con una cobertura hasta de un 40%. En el área rural, prevalece el uso de la leña hasta en un 95 % (FAUTAPO, 2013).

## **3.1 MATERIALES**

Para la ejecución del presente trabajo se utilizó los siguientes materiales:

**a) Materiales de gabinete**

- Libreta de anotaciones
- Materiales de escritorio
- Computadora
- Impresora
- Calculadora
- Planillas de registro
- Norma de COPANT MADERAS

**b) Material vegetal**

- Madera del Palqui (*Acacia feddeana* Harms)

**c) Materiales de campo**

- Motosierra
- Cámara fotográfica
- Vehículo para el transporte del material
- Wincha
- GPS
- Pintura al aceite
- Libreta de campo
- Brocha
- Cinta métrica

**d) Materiales de laboratorio**

- Balanza de eléctrica (precisión de 0,01 gr)
- Estufa eléctrica
- Tornillo micrométrico
- Vernier
- Soporte universal

- Recipientes
- Agua destilada
- Formularios
- Cámara fotográfica
- Parafina
- Vaso de precipitados

**e) Materiales para el preparado de probetas**

- Sierra sin fin
- Sierra circular
- Flexómetro
- Lija
- Marcador indeleble, lápices.
- Escuadras y reglas de carpintería
- Cepilladora
- Grueseadora
- Planilla de registro

### **3.1 MÉTODOLOGÍA**

El presente trabajo se desarrollo enmarcado dentro de las normas Normas Técnicas de la Comisión Panamericana “COPANT MADERAS” para ensayos físicos. Las normas empleadas son:

COPANT 458 Selección y recolección de muestras

COPANT 459 Acondicionamiento de las muestras físico - mecánicos.

COPANT 460 Método de determinación del contenido de humedad

COPANT 461 Método de determinación del peso específico aparente

COPANT 462 Método de determinación de contracción

COPANT 30:1-012 Análisis estadístico

#### **3.2.1 Selección y recolección de muestras**

El procedimiento de selección y recolección de la muestra se basó en el sistema al azar realizando una evaluación de los individuos por parcela de manera que todos los componentes tengan la posibilidad de ser elegidos (Zona, sub zona, árbol, etc.)

#### **3.2.2 Definición de la población**

Para la realización de las propiedades físicas del Palqui, se estableció las características de cada individuo dentro de la población tales como: especie, edad, diámetro.

#### **3.2.3 Selección de la zona**

La zona donde se extrajeron los árboles pertenece al Municipio de Cotagaita ubicado en la provincia Nor Chichas del departamento de Potosí, debido a la existencia de una cantidad significativa de ejemplares de la especie en el área.

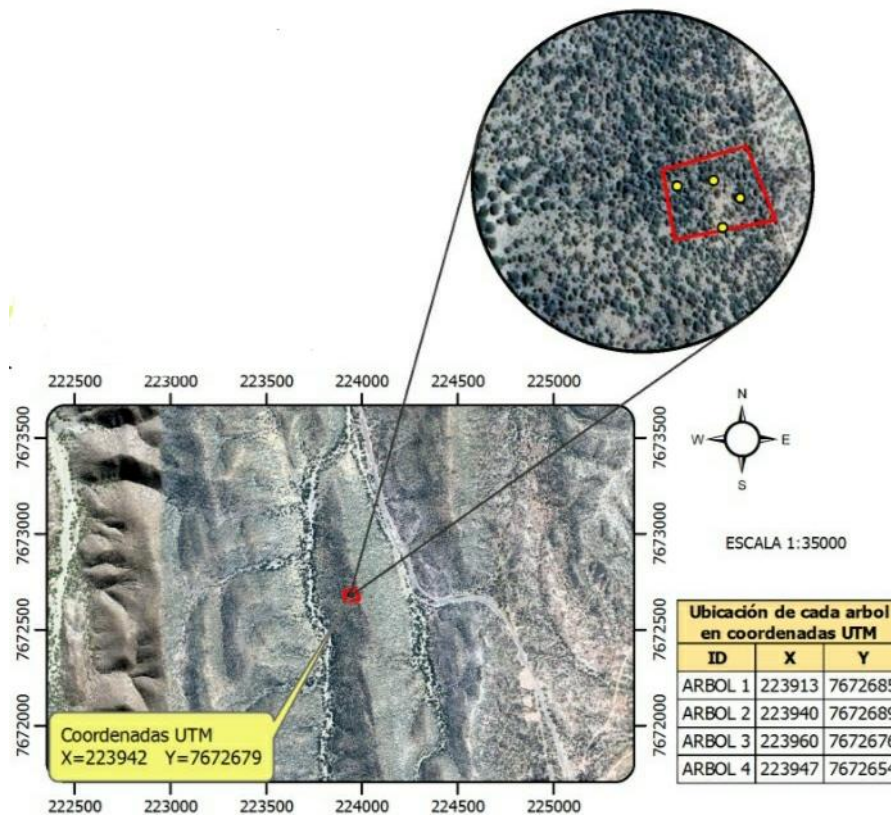
Se realizó la selección de la zona tomando en cuenta la representatividad de la especie en cuanto a sanidad y calidad de los individuos. Dividiendo el área en 4 parcelas de 30\*30 metros. De los cuales se seleccionó un árbol por parcela haciendo un total de 4 individuos extraídos.

#### **3.2.4 Selección de los árboles**

Para la selección de árboles se tomó en cuenta las características del área así también de la especie en estudio (Palqui), si bien las normas exigen DAP de 40 cm, con buen fuste y sano, en el presente caso fue difícil encontrar un diámetro de 35 cm, motivo por el cual los diámetros están comprendidos entre 25 y 35 cm rango que permitió seleccionar los árboles.

Para este propósito se ha definido el área de estudio con una superficie de 0.39 ha. la cual ha sido dividida en 4 parcelas de 30 \* 30 metros de las cuales se selecciono 1 individuo por parcela, siendo un total de cuatro árboles a ser extraídos para el presente estudio.

### 3.2.5 Ubicación de los árboles



**Figura 1:** Mapa ubicación de árboles

### 3.2.6 Identificación y derribe de los árboles

Los árboles identificados en estado de pie en cada parcela, después de haber caracterizado a cada ejemplar se derribaron con una motosierra, procediendo luego al registro de los datos en planillas de campo, asimismo se hizo la recolección de muestras botánicas de la especie, tanto de hojas, flores, frutos, corteza los cuales fueron llevados al herbario de la F.C.A. y F., para determinar las características taxonómicas.

### **3.2.7 Selección de la troza**

Una vez realizado el apeo de los ejemplares, y el posterior desrame se obtuvo una troza de 100 cm de longitud saliendo del primer árbol una troza, segundo árbol una troza, tercer árbol una troza, cuarto árbol una troza. La codificación se hizo de manera única por ser trozas únicas de cada árbol, las cuales fueron codificadas para la obtención de las viguetas y posteriormente probetas para ser estudiados en laboratorio.

### **3.2.8 Extracción de las trozas**

Las trozas fueron transportadas en un camión desde el lugar de apeo hasta Tupiza, posteriormente a un aserradero de la ciudad de Tarija.

### **3.2.9 Selección de la vigueta dentro de la troza**

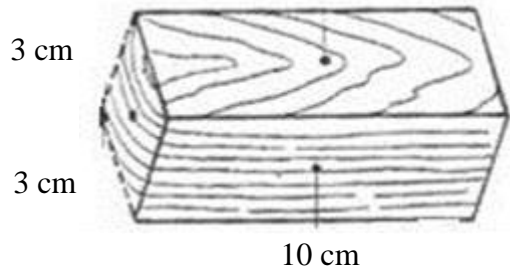
Las viguetas fueron obtenidas de los tablones centrales, tratando que los lados estén bien orientados los cuales fueron de 100 cm de sección longitudinal, teniendo en cuenta la escuadría adecuada para una buena orientación de los anillos de crecimiento y obteniendo de cada uno de ellos las viguetas de 4 cm de sección trasversal para posteriormente darle una sección trasversal requerida de 3\*3 cm, cada vigueta fue codificada de la siguiente forma: I, II, III, etc.

### **3.2.10 Obtención de las probetas dentro de las viguetas**

En una primera fase se procedió a aserrar los tablones centrales para luego apilarlos en un galpón el mismo que debe tener una buena circulación de aire.

Después de un lapso de tiempo, cuando el contenido de humedad bajo, se procedió a la preparación de las probetas los cuales fueron elegidos al azar como indica la norma

COPAN de tal forma que dos lados opuestos tengan una cara tangencial paralela a los anillos de crecimiento y los otros dos lados presenten una cara radial.



### 3.2.11 Codificación de las probetas

La codificación de las probetas se realizó con la finalidad de poder facilitar un registro correcto y tabulación de los datos a obtener en los ensayos, de manera que sea clara y sencilla que permite ubicar las probetas durante la realización del ensayo las cuales fueron escritas con letras mayúsculas visibles utilizando lápiz indeleble.

2 A III 1

Donde:

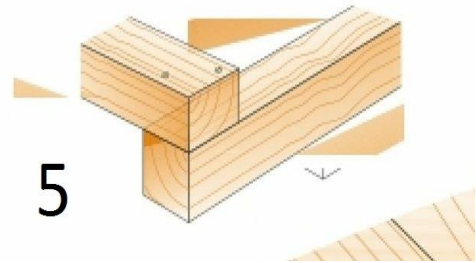
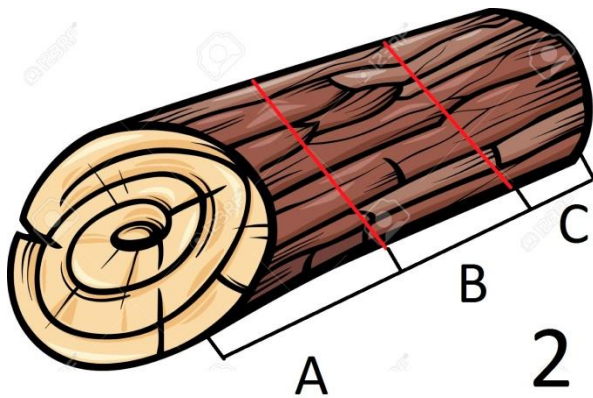
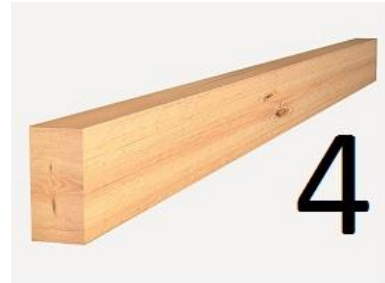
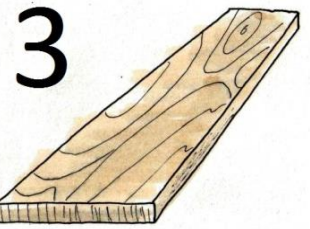
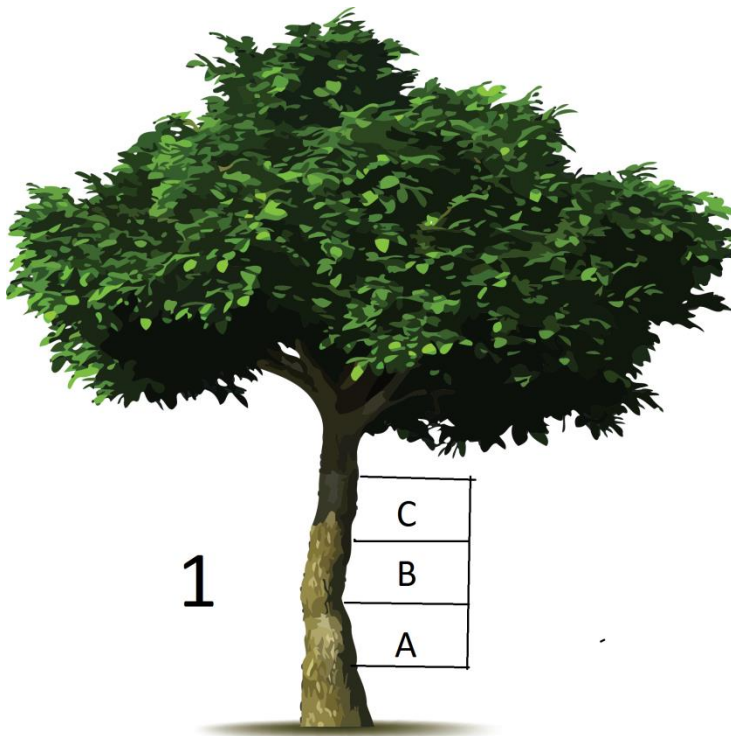
Número de árbol = 2

Troza = A

Vigueta = III

Probeta = 1

**FIGURA N° 2.** Trozado y aserrado de la madera.



1. ÁRBOL    2. TROZA    3. TABLÓN    4. VIGUETA    5. PROBETA

FUENTE: Sánchez, 2016

### 3.3 EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE PROPIEDADES FISICAS



En el presente estudio se trabajó con 40 probetas es decir 10 probetas por árboles, las mismas fueron utilizadas para los diferentes estados de propiedades físicas (estado verde, seco al horno y seco al horno), tomando en cuenta que las probetas estén libres de defectos, con una orientación bien definida en las diferentes caras (radial, tangencial), verificando la dimensión de la escuadría de 3 cm de ancho x 3 cm de alto x 10 cm de longitud. Posteriormente se efectuó el proceso para determinar las propiedades físicas para los diferentes estados (Estado Verde, Seco al Aire y al Horno) según la Norma COPANT MADERAS.

#### **a) Estado Verde**

Una vez obtenidas las probetas fueron colocadas en un recipiente con agua para evitar la pérdida de humedad, posteriormente las probetas fueron extraídas del recipiente en la que se encontraban en un proceso de remojo hasta alcanzar un contenido de humedad mayor al 30 %, debido a que la madera pierde rápidamente humedad desde el momento del apeo hasta la preparación de las probetas. Posteriormente se procedió a pesar y medir las dimensiones radial, tangencial, longitudinal y la determinación del volumen por el método de inmersión, datos que se tabularon en las respectivas planillas. (ver anexo planilla N°1)

#### **b) Estado Seco al Aire**

En esta etapa se procedió a hacer secar las probetas en condiciones normales de humedad procediendo a pesar y medir las dimensiones radiales, tangencial y longitudinal cada 5 días y luego cada 10 y 15 días, hasta que las probetas tengan un peso constante. Una vez obtenido el peso constante correspondiente a la etapa seco al aire, se procedió a obtener las dimensiones radial, tangencial, longitudinal y la posterior determinación del volumen seco al aire por el método de inmersión en agua destilada. Los datos fueron tabulados en las planillas. (ver anexo planilla N°1)

#### **b) Estado Seco al Horno**

Realizando las anteriores lecturas del ensayo y registrados en las planillas correspondientes, se procedió a colocar las probetas en la estufa dejándose 24 horas a 40°C, incrementándose la temperatura a 60 °C durante 24 horas, luego a 80 °C por el lapso de 24 horas y finalmente después a  $103 \pm 2$  °C, hasta obtener un peso constante de las probetas, se retiran las probetas de la estufa.

Se procedió a pesar y medir las diferentes dimensiones de la cara radial, tangencial, longitudinal de las 40 probetas y por último se procedió al parafinado de las mismas para que estas no absorban agua, cuando sean sumergidas en la determinación del volumen por el método de inmersión.

Los datos registrados fueron del peso, dimensiones y volúmenes en los diferentes estados: Estado Verde, Estado Seco al Aire y Estado Seco al Horno o Anhidro fueron registrados en planillas. (ver anexo planilla N°1).

Con los datos obtenidos se realizó los diferentes cálculos referidos a propiedades físicas.

- Contenido de Humedad en %
- Densidad Aparente y Básica en  $\text{gr/cm}^3$
- Contracción normal y total (en Radial, tangencial y volumétrica en %)
- Tasa de estabilidad (T/R)
- Porosidad en %
- Humedad máxima en %

### **3.4 PESO ESPECÍFICO Y DENSIDAD BÁSICA**

Se obtuvo el peso de las probetas en gramos por la lectura de la balanza y el volumen mediante el método de medición indirecta por inmersión en agua. Con los cuales determinamos el peso específico aparente para los tres estados correspondientes. Conforme se observa en el siguiente Cuadro y en función de los datos de planilla Anexo 2.

<b>Cuadro 7. Datos para cálculo de peso específico o densidad básica</b>					
<b>PV</b> <b>gr</b>	<b>Vv</b> <b>Cm<sup>3</sup></b>	<b>PSA</b> <b>gr</b>	<b>VSA</b> <b>Cm<sup>3</sup></b>	<b>PSH</b> <b>gr</b>	<b>VSH</b> <b>Cm<sup>3</sup></b>
113.34	91.36	74.49	82.05	65.63	79.35
109.13	90.06	72.40	84.71	63.98	81.24

**Densidad verde**

$$DV = \frac{PV}{VV} = \text{gr/cm}^3 \qquad DV = \frac{113.34 \text{ gr}}{91.36 \text{ cm}^3} = 1.24 \text{ gr/cm}^3$$

**Densidad seca al aire**

$$DSA = \frac{PSA}{VSA} = \text{gr/cm}^3 \qquad DSA = \frac{74.49 \text{ gr}}{82.05 \text{ cm}^3} = 0.91 \text{ gr/cm}^3$$

**Densidad anhidra**

$$DSH = \frac{PSH}{VSH} = \text{gr/cm}^3 \qquad DSH = \frac{65.63 \text{ gr}}{79.35 \text{ cm}^3} = 0.83 \text{ gr/cm}^3$$

**Densidad básica**

$$DB = \frac{PSH}{VV} = \text{gr/cm}^3 \qquad DB = \frac{65.63 \text{ gr}}{91.36 \text{ cm}^3} = 0.72 \text{ gr/cm}^3$$

**3.5 CONTRACCIÓN**

Con las dimensiones iniciales y las obtenidas en los estados posteriores se procedió a determinar las respectivas Contracciones, tal cual lo demuestra el siguiente ejemplo. y en el Cuadro de resultados de propiedades físicas (ver anexo planilla N°2).

<b>Cuadro 8: Datos para cálculo de contracciones</b>					
<b>DRV</b>	<b>DTV</b>	<b>Vv</b>	<b>DRSA</b>	<b>DTSA</b>	<b>VSA</b>
<b>Mm</b>	<b>mm</b>	<b>Cm<sup>3</sup></b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>cm<sup>3</sup></b>
30.25	30.19	91.36	29.01	28.73	82.05
30.19	30.20	90.06	29.55	29.30	84.71

### **CONTRACCIÓN SECA AL AIRE**

#### **Contracción tangencial normal (ctn)**

$$CTSA = \frac{DTV - DTSA}{DTV} * 100 \qquad CTSA = \frac{30.19 - 28.73}{30.19} * 100 = 4.84 \%$$

#### **Contracción radial normal (crn)**

$$CRSA = \frac{DRV - DRSA}{DRV} * 100 \qquad CRSA = \frac{30.25 - 29.01}{30.25} * 100 = 4.10 \%$$

#### **Contracción volumétrica normal (cvn)**

$$CVSA = \frac{VV - VSA}{VV} * 100 \qquad CVSA = \frac{91.36 - 82.05}{91.36} * 100 = 10.19 \%$$

### **CONTRACCIÓN SECA AL HORNO O ANHIDRA**

#### **Contracción tangencial total (ctt)**

$$CTT = \frac{DTV - DTSH}{DTV} * 100 \qquad CTT = \frac{30.19 - 27.75}{30.19} * 100 = 8.08 \%$$

#### **Contracción radial total (crt)**

$$CRT = \frac{DRV - DRSH}{DRV} * 100 \qquad CRT = \frac{30.25 - 28.25}{30.25} * 100 = 6.61 \%$$

#### **Contracción volumétrica total (cvt)**

$$CVT = \frac{VV - VSH}{VV} * 100 \qquad CVT = \frac{91.36 - 79.35}{91.36} * 100 = 13.15 \%$$

### **3.6 PESO ESPECÍFICO AJUSTADO AL 12%**

$$D_{12\%} = D_o * \frac{1 + 0.12}{1 + 0.84 * D_o * 0.12}$$

$$D_{12\%} = 0.83 \frac{1+0.12}{1+0.84*0.83*0.12} = 0.85 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.7 TASA DE ESTABILIDAD (CT/CR)

Se determina de la siguiente manera:

#### a) Tasa de estabilidad seca al aire

$$TASA = \frac{CTSA}{CRSA} \qquad TASA = \frac{4.84}{4.10} = 1.18$$

#### b) Tasa de estabilidad seca al horno

$$TASA = \frac{CTSH}{CRSH} \qquad TASA = \frac{8.08}{6.61} = 1.22$$

### 3.8 POROSIDAD

Para su cálculo se utilizó los valores de la densidad anhidra. Se relaciona de manera inversa con la densidad; es decir, a mayor porosidad menor densidad, a mayor densidad menor porosidad, los valores expresados en porcentaje (%) ejemplo. Resultados anexo planilla N°2

$$P = \left(1 - \frac{Pea}{1.5}\right) * 100 =$$

$$P = \left(1 - \frac{0,83}{1.5}\right) * 100 = 44,86 \%$$

### 3.9 HUMEDAD MÁXIMA

Es la medición indirecta de la cantidad de agua que contiene la madera (agua libre y agua de impregnación), que puede albergar la madera cuando se encuentra completamente saturada. La humedad máxima es expresada porcentualmente (%) y con su valor podemos deducir el peso específico máximo en estado verde de la madera o árbol recién apeado. Resultados ver en anexo planilla N°2

$$H_{\max} = \left( \frac{1}{0.83} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100) = 81.91\%$$

### 3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

El análisis estadístico, se realizó de acuerdo a la norma COPANT 30:1-012 que establece el procedimiento y la presentación de los resultados para poder determinar las propiedades de la madera.

<b>Cuadro 9: Datos para el Análisis Estadístico</b>	
Número de árboles ensayados	<b>k = 4</b>
Número de probetas por árbol	<b>l = 10</b>
Número total de probetas por ensayo	<b>N = 40</b>

DONDE

$$N = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + \dots \dots \dots l_k = \sum_{j=1}^k l_j$$

#### 3.10.1 VALOR PROMEDIO ( $\bar{X}$ ) DE LOS VALORES INDIVIDUALES POR ÁRBOL

$$\bar{X} = \frac{1}{l} * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots \dots \dots + x_l) = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l x_i$$

(x) es la variable que indica cada uno de los valores de los resultados obtenidos en cada probeta.

#### 3.10.2 ESTIMACIÓN DE LA VARIANZA

Para la estimación de las varianzas, se determina en base a las relaciones indicadas más adelante para el cálculo de la varianza de valores individuales, estimación de la varianza promedio y la varianza total.

#### **Cuadro 10 Determinación de coeficiente de variación estandar**

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de cuadrados de la desviación</b>	<b>Varianza</b>
<b>Entre los grupos</b>	$n_1 = k - 1$	$A_1 = II - I$	$S_1^2 = \frac{A_1}{n_1}$
<b>Dentro de los grupos</b>	$n_2 = N - k$	$A_2 = III - II$	$S_2^2 = \frac{A_2}{n_2}$
<b>Total</b>	$n_1 + n_2 = N - 1$	$A_1 + A_2 = III - I$	$S_T = \frac{A_1 + A_2}{n_1 + n_2}$

Donde:

$$n_1 = k - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$n_2 = N - k = 40 - 4 = 36$$

$$n_1 + n_2 = N - 1 = 40 - 1 = 39$$

Los números romanos son agrupadores de datos y/o fórmulas; para su desarrollo se presenta el siguiente ejemplo:

$N = 40$  (número de probetas por ensayo)

$k = 4$  (número de árboles)

$l = 10$  (número de probetas dentro de un árbol por ensayo)

$$I = \frac{1}{N} * \left( \sum_{j=1}^N x_j \right)^2 = \frac{(2954.07)^2}{40} = 218163.48$$

$$II = l * \sum_{j=1}^k x_j^2 = \sum_{j=1}^k \frac{1}{l} \left( \sum_{i=1}^l x_i \right)^2 = 218394.07$$

$$III = \sum_{i=1}^N x_i^2 = 219307.84$$

$$S_1^2 = \frac{II - I}{k - 1} = \frac{230.59}{3} = 76.86$$

$$S_2^2 = \frac{III - II}{N - k} = \frac{913.77}{36} = 25.38$$

$$S_T^2 = \frac{III - I}{N - 1} = \frac{1144.36}{39} = 29.34$$

$S_1^2$  = Variación de los valores individuales entre los árboles

$S_2^2$  = Variación promedio

$S_T^2$  = Variación de todos los valores individuales al rededor del promedio total

### 3.10.3 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Se desarrolla primeramente el cálculo de la desviación típica, que es la raíz cuadrada de los valores de variación, obteniéndose:

$$S_1 = \sqrt{76.86} = \pm 8.77$$

$$S_2 = \sqrt{25.38} = \pm 5.04$$

$$S_T = \sqrt{29.34} = \pm 5.42$$

Coefficiente de variación ( $CV_1$ ) para la varianza promedio de los valores individuales entre (k) árboles se determina mediante la siguiente fórmula:

$$CV_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} * 100 = \frac{8.77}{73.85} * 100 = 11.88 \%$$

Coefficiente de variación ( $CV_2$ ) para la varianza promedio de los valores de las varianzas dentro de los (k) árboles se determina como sigue:

$$CV_2 = \frac{S_2}{\bar{X}} * 100 = \frac{5.04}{73.85} * 100 = 6.82\%$$

El coeficiente de variación total ( $CV_T$ ) para la varianza de los valores individuales



( $x_i$ ) Alrededor del promedio total ( $\bar{X}$ ) se obtiene según:

$$CV_T = \frac{S_T}{\bar{X}} * 100 = \frac{5.42}{73.85} * 100 = 7.34 \%$$

### 3.10.4 CÁLCULO DEL INTERVALO DE CONFIANZA PARA EL VALOR PROMEDIO TOTAL

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

**Cuadro 11: Valores estadísticos**

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

$$q = \pm(k - 1) \frac{S_1}{\sqrt{N}} = 3.18 * \frac{8.77}{\sqrt{40}} = \pm 4.409$$

$$p = \frac{q}{\bar{X}} * 100 = \frac{4.409}{73.85} * 100 = 5.971\%$$

**Cuadro 12: Análisis Estadístico: Contenido de humedad en verde (CHV) %**

PROBETAS	Á R B O L E S E N S A Y A D O S
----------	---------------------------------

	1	2	3	4	TOTAL
1	72.70	82.44	77.42	77.67	
2	70.57	69.04	70.18	74.52	
3	74.44	73.39	74.83	78.18	
4	69.55	70.98	82.47	69.86	
5	70.89	69.22	71.23	77.57	
6	67.84	66.61	91.48	67.14	
7	80.88	69.12	80.51	70.84	
8	72.46	75.24	82.85	69.71	
9	73.74	68.71	71.27	67.25	
10	70.18	74.41	77.01	79.66	
$l_j$	10	10	10	10	40
$\sum_{i=1}^l x_i$	723.24	719.16	779.27	732.40	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K X_{ij} = 2954.07$
$j \bar{X}$	72.32	71.92	77.93	73.24	$\sum_{j=1}^K j \bar{X} = 295.41$
$\sum_{i=1}^l x_i^2$	52424.99	51912.53	61120.91	53849.41	$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^K X_{ij}^2 = 219307.84(\text{III})$
$\frac{1}{l} = \left( \sum_{i=1}^l X_i \right)^2$	52307.62	51719.61	60725.68	53641.16	$\sum_{i=1}^k \frac{1}{l} \left( \sum_{i=1}^l X_j \right)^2 = 218394.07(\text{II})$

Datos requeridos para el análisis estadístico:

**N° árboles ensayados (K) = 4**

N° probetas por árbol (I) = 10

N° total de probetas (N) = 40

Promedio total ( $\bar{X}$ ) = 73.85

GRADOS DE LIBERTAD			VARIANZA	DESV. TIPICA
$n1 = k - 1 = 3$	$I = 218163,476$	$A1 = II - I = 230.59$	$S21 = 76.86$	$S1 = 8.77$
$n2 = N - k = 36$	$II = 218394,07$	$A2 = III - II = 913.77$	$S22 = 25.38$	$S2 = 5.04$
$n3 = N - 1 = 39$	$III = 219307,84$	$A3 = III - I = 1144.36$	$S2T = 29.34$	$ST = 5.42$
COEFICIENTE DE VARIACIÓN %		INTERVALO DE CONFIANZA		
$CV1 = 11.88$	$CV2 = 6.82$	$q = 4.409$	$p = 5.971\%$	
$CVT = 7.34$		$\bar{X} \pm q = 47.35 \pm 4.409$	$\bar{X} \pm p = 47.35 \pm 5.971\%$	

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS**

#### **4.1 RESULTADOS PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL PALQUI**

Una vez concluido con los ensayos de las propiedades físicas y obtenidos los valores correspondientes de cada etapa, se procedió a realizar los diferentes cálculos físicos y el posterior análisis estadístico según lo estipulado por las normas COPANT MADERAS 30:0.12, en lo referente a la obtención de los resultados individuales.

##### **4.1.1 CONTENIDO DE HUMEDAD**

Se determinó en tanto por ciento de peso seco en estufa con valores promedios de:

Contenido de humedad en estado verde:	73.85 %
Contenido de humedad en estado seco al aire:	13.64 %

##### **4.1.2 PESO ESPECÍFICO APARENTE**

La determinación del peso específico aparente es considerada como una de las propiedades más importantes en la madera, puesto que de él dependen directamente los resultados obtenidos en sus tres estados (verde, seco al aire y anhidro), es determinado mediante la relación entre el cociente del peso sobre el volumen de las probetas, obteniéndose resultados promedios en sus tres estados.

Peso específico en verde	1.22 gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico seco al aire	0.86 gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico seco al horno	0.80 gr/cm <sup>3</sup>

##### **4.1.3 DENSIDAD BÁSICA Y PESO ESPECIFICO AJUSTADO AL 12%**

Conjuntamente la densidad básica y el peso específico ajustado al 12%, son variables relacionados, además a dar los posibles usos de la madera.

Densidad básica:	0.70 gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico ajustado al 12%:	0.85 gr/cm <sup>3</sup>

#### 4.1.4 CONTRACCIONES

A través del presente estudio se puede determinar las diferentes contracciones correspondientes a los diferentes estados como se puede observar en el siguiente cuadro:

**Cuadro 13. Contracciones en estado radial, tangencial y verde**

	C.T (%)	C.R (%)	C.V (%)
<b>Verde-seco al aire</b>	4.42	3.56	7.72
<b>Verde-anhidro</b>	7.63	5.77	12.05
<b>Verde-a CH 12%</b>	4.64	3.83	8.24

#### 4.1.5 TASA DE ESTABILIDAD

La determinación de la tasa de estabilidad determinado para los dos estados es como se detalla en el siguiente cuadro, la misma que sirve para indicar el comportamiento de la madera al secado y diversos usos.

ESTADO	TASA DE ESTABILIDAD
Seco al Aire	1.48
Anhidro	1.39

#### **4.1.6 POROSIDAD**

Se determina mediante la fórmula que establece la relación de sustracción entre el volumen anhidro igual a 1 cm y el volumen real del mismo.

<b>Porosidad</b>	<b>46.93 %.</b>
------------------	-----------------

#### **4.1.7 CONTENIDO MAXIMO DE HUMEDAD**

El contenido de humedad promedio determinado es:

<b>Contenido de Humedad Máximo</b>	<b>86.91 %</b>
------------------------------------	----------------

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

Propiedad física	Básica	Seca al aire	Anhidra
Densidad gr/cm <sup>3</sup>	<b>*0.70</b> (0.02/3.95)	0.86 (0.04/4.65)	0.80 (0.04/4.71)
<b>*Clasificación de la madera de esta especie: Pesada</b>			
Propiedad física	Ajuste 12 %		Clasificación
Peso específico	0.83 (0.04/4.36)		Alto
Propiedad física	Normal %	Total %	Clasificación
Contracción radial	3.56 (1.42/39.92)	5.77 (1.49/25.82)	--
Contracción tangencial	4.42 (1.49/33.71)	7.63 (1.68/21.95)	--
Contracción volumétrica	7.72 (1.67/21.62)	<b>*12.05</b> (1.67/13.84)	*Mediano
Propiedad física	Seca al aire	Anhidro	Clasificación
Taza de estabilidad (T/R)	1.48 (0.98/65.89)	1.39 (0.40/28.96)	Muy estable

- Números entre paréntesis representan Desviación estándar total - coeficiente de variación
- Clave para clasificación de maderas según Arostegui A, 1975.

## 5.1 RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de propiedades físicas y dureza que presenta la especie debido al diámetro y la limitación de altura se recomienda el uso en recubrimientos de pisos, herramientas de madera, utensilios de madera entre otros.
- Realizar una coordinación con diferentes instituciones afines al municipio de Cotagaita, para lograr una planificación a nivel regional y nacional para llevar adelante una investigación sobre especies poco estudiadas de la zona.
- Recomendar a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, difundir los resultados de la información obtenida del presente estudio de la especie Palqui (*Acacia feddeana* Harms.), para que el mismo sirva como base para realizar otros estudios complementarios como ser propiedades mecánicas, preservación e impregnación, trabajabilidad, aserrío y secado ya que debido a que actualmente no se cuenta con ningún registro de estudios que se lo haya realizado anteriormente a esta especie, para un mejor aprovechamiento de la madera.
- Debido a que la especie tiene un valor forrajero y la alta incidencia de ganado caprino y bovino se recomienda al municipio tome en cuenta un sistema de pastoreo controlado en áreas cerradas, siendo una vía para promover un mejor manejo y la especie pueda tomar mayor diámetro y altura debido a que dicho ganado se alimenta de yemas nuevas limitando así un mayor crecimiento del Palqui.