

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1 DEFINICIÓN DE VEGETACIÓN**

La vegetación natural es la parte más visible de un ecosistema y es la expresión del estado de un ecosistema o de las condiciones ambientales locales, del tipo de clima, suelo, cantidad de agua y nutrientes. En síntesis refleja la calidad del ecosistema, a través las interacciones complejas entre rocas, agua, clima y usos humanos. (INIBREH 2007)

La vegetación natural tiene importancia no solo como producto primario del ecosistema, sino también por las relaciones que tienen los componente bióticos y abióticos del medio, como protectora del suelo, estabilizadora de pendientes, reguladora de la calidad y cantidad de agua, hábitat de la fauna y consumidora de carbono. (INIBREH 2007)

Vegetación xerofítica es donde los vegetales están adaptados en vivir en escasa humedad, son propios de suelos muy secos o salinos y logran esta adaptación modificando los órganos transpiradores en: cutinización y engrosamiento exterior de la epidermis, formación de huecos alrededor de estomas, alargando y ramificando raíces. (Vox, citado por Pacheco, 1978)

### **1.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS BOSQUES**

Es importante tener un entendimiento claro de la estructura y desarrollo de las masas arboladas y los elementos relacionados con su distribución y para clasificar las mismas se necesita definir la composición de especies, densidad de los árboles, estratos e incluso la estimación del crecimiento potencial en las localidades donde crecen. (Hocker, 1984).

La caracterización de la estructura es una condicionante básica para tomar decisiones sobre el manejo de los recursos forestales, tanto en localidades bajo aprovechamiento o uso, como en áreas naturales protegidas, así como en las masas arboladas urbanas.

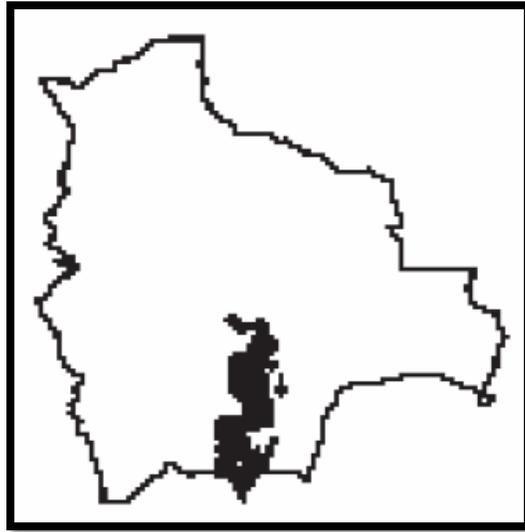
### 1.2.1 LA VEGETACIÓN EN LOS BOSQUES DE LA REGIÓN TUCUMANO – BOLIVIANA.

Braun-Blanquet citado por Font Quer(1979) señala que una región está caracterizada por numerosas asociaciones clímax bien definidas y endemismos de categorías taxonómicas superiores (familia, subfamilia, sección) y su unidad está dada por la presencia en toda su extensión o gran parte de ella, de especies idénticas o muy próximas con importante papel sinecológico (F. Quer, 1979).

El caso de los bosques Tucumano – Boliviano, se caracteriza por tener un número mayor o igual a las 400 especies entre ellas árboles, helechos y epifitos que muestra una particularidad biológica interesante de estudiar (Ibisch y Mérida, 2003). Existe endemismo de especies a nivel de bosque, cuyas familias más representativas son Lauraceae, Mirtaceae y especies importantes como el *Alnus acuminata*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Cedrela lilloi*, *Cinnamomun porphyria*, *Juglans australis*, *Podocarpus parlatorei* y *Tabebuia lapacho* y otras especies que están siendo estudiadas.

El complejo físico de la región (Figura N° 1) abarca la cordillera oriental de Bolivia en los departamentos de Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija hasta el norte de la Argentina, desde los 800 m en el fondo de valles hasta los 3000 m. El clima se caracteriza por 3-5 meses secos con precipitaciones de entre 1000 y 1700 mm por año, llegando a 2000 mm en localidades puntuales; la temperatura promedio anual es variable y está en función al piso altitudinal, desde los 23°C en la región de Bermejo hasta los 13°C en la zona altoandina. La región no corresponde a una faja continua de bosque húmedo, sino varía a lo largo del gradiente altitudinal y se pueden reconocer varias formaciones bajo distintas condiciones climáticas y edáficas (Killen, 1993). La importancia de esta región radica en los abundantes recursos hídricos que tiene, que han fomentado la colonización y la práctica de la agricultura y ganadería, también la extracción de maderas finas como *Cedrela lilloi* y *Juglans australis* están provocando la degradación y fragmentación de estos ecosistemas que componen la región (Killen, 1993; Brown, 1995).

**Figura N° 1 Región de los Bosques Tucumano-Boliviana (Ibisch y Mérida, 2003)**



### **1.3 VARIABLES DASOMETRICAS**

#### **1.3.1 DIÁMETRO**

El diámetro del tronco de un árbol es uno de los parámetros de mayor uso para estudios de ecología vegetal. El diámetro consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca toda la circunferencia (Romahn de la Vega et al., 1994). Esta medida sirve, a su vez, para medir el área basal y el volumen del tronco de los árboles. El diámetro de los árboles se mide a una altura de 1.3 m de la superficie del suelo (DAP=diámetro a la altura del pecho) utilizando una cinta diamétrica. También, es posible medir el diámetro con una forcípula o con una cinta métrica. (Mostacedo y Fredericksen 2000).

Cuando se mide el perímetro el cálculo para transformar a diámetro es el siguiente:

$$D = \frac{p}{\pi}$$

Donde:

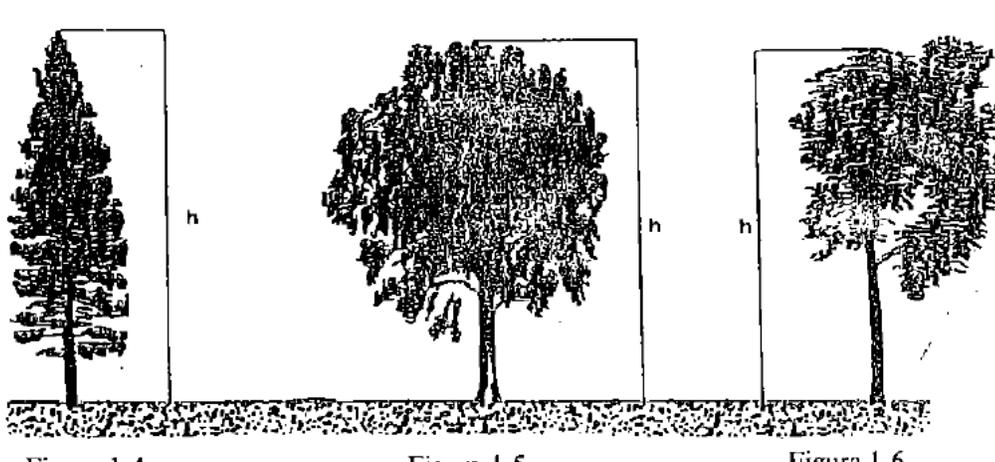
$D$  = diámetro

$P$  = perímetro o circunferencia

$\pi = 3.14159226$

### 1.3.2 ALTURA TOTAL DEL ÁRBOL

Se define como altura total de un árbol la distancia vertical entre la zona de la base en contacto con la parte superior de la ladera y la cima del mismo. Considerando la “cima” del árbol la parte más alta de su copa prolongación del tronco.



## 1.4 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA VEGETACIÓN

### 1.4.1 ESTRUCTURA HORIZONTAL DEL BOSQUE

Se entiende por estructura horizontal al arreglo espacial de los organismos, en este caso árboles. Este arreglo no es aleatorio, pero sigue modelos complejos que lo hacen ver como tal. En los bosques este fenómeno es reflejado en la distribución de individuos por clase de diámetro. Algunas especies presentan una distribución de jota invertida. Otras no parecen presentar una tendencia identificable en su distribución debido a sus propias características. Valerio y Salas (1997)

#### 1.4.1.1 ABUNDANCIA

Se conoce como abundancia el número de individuos por unidad de área, o sea, el número de árboles por hectárea. Se puede determinar la abundancia por especie o por grupo de especies. Por lo general se determina para especies comerciales y no comerciales. Asimismo, se puede determinar la distribución de la abundancia por categorías de diámetro. Según Valerio y Salas (1997)

#### **1.4.1.2 FRECUENCIA**

La frecuencia se refiere a la existencia o a la ausencia de una especie en determinada parcela. Se define la frecuencia relativa de una población en base a los datos de las especies presentes en el inventario de sitios de muestreo. Cotejándola con la información del censo global (frecuencia absoluta) de la misma área. Lamprecht (1990).

#### **1.4.1.2 DOMINANCIA**

El área basal también puede utilizarse para expresar la dominancia como indicador de la potencialidad productiva de una especie. Es un parámetro que dá idea de la calidad de sitio (Finol, 1971)

Es la sección determinada en la superficie de suelo por el haz de proyección horizontal del cuerpo de la planta, lo que equivale al análisis de la proyección horizontal de las copas de los árboles. Sin embargo, en el bosque tropical resulta difícil determinar dichos valores por la complejidad de la estructura, especialmente por los distintos doseles dispuestos uno encima de otro y la entremezcla de las copas unas con otras. Por tanto se utiliza el área basal de los fustes de los árboles en sustitución de la proyección de las copas, calculando en base a las mediciones del diámetro a la altura del pecho (DAP) de los fustes. La dominancia se expresa como valor relativo de la sumatoria de las áreas basales de la siguiente manera.

$$DR = \frac{\text{Dominancia absoluta de la especie}}{\text{Total de la dominancia absoluta}} * 100$$

#### **1.4.1.3 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)**

Es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia. El índice de valor de importancia (I.V.I.) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal.

Para obtener el I.V.I., es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del I.V.I. debe ser igual a 300. Mostacedo y Fredericksen (2000)

#### **1.4.1.4 DENSIDAD**

En la práctica forestal se considera como densidad al número medio de individuos (árboles) por hectárea u otra unidad de superficie más pequeña cuando se trata de vegetación menor. También puede considerarse la densidad como el número medio de individuos por superficie.

Según Oosting (1956) densidad es el número medio de individuos por superficie tomada como muestra. Si en una serie de diez individuos de una especie, la densidad es uno, indiferentemente de que todos se encuentren en una sola parcela o uno en cada una de ellas. De acuerdo a lo anterior se deduce que es necesario interpretar los valores de la densidad o determinar otros caracteres que combinados con la densidad, sirvan para completar el conjunto, la frecuencia es uno de esos caracteres.

#### **1.4.1.5 DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA**

Las distribuciones del número de árboles por clases diamétricas representan una estructura total que se presenta en cualquier tipo de bosque, una curva en forma de “j” invertida significa que el número de individuos va disminuyendo conforme aumenta el diámetro a la altura del pecho (DAP).

Se han hecho varios intentos de ajustar la distribución diamétrica del bosque a diferentes funciones matemáticas, como ser la serie geométrica decreciente y el modelo matemático de la ecuación exponencial negativa (ley de Liocourt), pero la conclusión más realista es que al ajustar las distribuciones observadas a modelos matemáticos es una tarea difícil debido a que el bosque no es tan organizado. Así volvemos al modelo gráfico de las distribuciones de la jota invertida. (Finegan, 1992)

### **1.4.2 ESTRUCTURA VERTICAL**

La estructura vertical es la distribución de los organismos a lo alto del perfil del bosque. Esa estructura responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones microclimáticas, presentes en las diferentes alturas del perfil. Estas diferencias en el microclima permiten que especies de diferentes temperamentos se ubiquen en los niveles que satisfagan sus demandas. Valerio y Salas (1997)

#### **1.4.2.1 POSICIÓN SOCIOLÓGICA**

La PS es una expresión de la expansión vertical de las especies. Es un índice que informa sobre la composición florística de los distintos substratos de la vegetación, y del papel que juegan las diferentes especies en cada uno de ellos (Hosokawa, 1986).

El substrato es una porción de la masa contenida dentro de determinados límites de altura, fijados subjetivamente, según el criterio que se haya elegido. Generalmente se distinguen tres: superior, medio e inferior. Acosta (2006)

Siguiendo la metodología de Finol (1976), se asigna un valor fitosociológico a cada substrato, el cual se obtiene dividiendo el número de individuos en el sub-estrato por el número total de individuos de todas las especies.

$$VF = \frac{n}{N}$$

Siendo:

VF = Valor Fitosociológico del sub-estrato;

n = número de individuos del sub-estrato;

N = Número total de individuos de todas las especies.

#### **1.4.2.2 REGENERACIÓN NATURAL**

La regeneración natural es definida como un proceso biológico y ecológico que ocurre en el bosque natural usado como mecanismo de sucesión vegetal o forestal a

través del tiempo. La regeneración natural es la encargada de reponer todos los árboles viejos o que caen por alguna causa natural, aprovechamientos o por la deforestación misma, Grijalva y Blandón (2005)

Para que una masa boscosa permanezca en su estado natural es necesario su capacidad de auto perpetuarse, para el éxito de cualquier sistema de manejo forestal sostenible es necesario conocer los aspectos que rigen la dinámica de la regeneración (Sáenz y Finegan 2000)

La capacidad de la regeneración natural de la especie depende mucho de los caracteres ecológicos de la semilla y las condiciones que presenta el bosque, estos son los principales factores involucrados que determinan la abundancia de plántulas, es por eso que Mostacedo y Pinard (2001) determinan como etapa crítica la fase de semilla y plántulas las cuales se deben tomar como un punto muy importante antes de realizar un aprovechamiento forestal.

## **1.5 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA**

Según Lampretch (citado por Becerra, 1971) es uno de los estudios fundamentales que se debe efectuar para tener bases seguras en el planeamiento del manejo silvicultural, en este entendido se refiere a las especies que existen en una determinada comunidad. La composición florística del recurso forestal se refiere a la existencia de especies forestales dentro de un tipo de bosques para lugar determinado (Claros- Licona, 1995)

### **1.5.1 COCIENTE DE MEZCLA**

Según Becerra (1971), el cociente de mezcla sirve para medir la intensidad de mezcla de las especies. Para calcularlo se divide el número de especies encontradas por el total de árboles levantados, obteniéndose una cifra que represente el promedio de individuos de cada especie de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Cociente de Mezcla} = \frac{\text{número de especies}}{\text{número de árboles}}$$

El grado de participación florística de las especies puede ser representado por el cociente de mezcla que mide la intensidad de mezcla de un rodal o sitio (Quevedo, 1986)

## **1.6 ASPECTOS DASONOMÉTRICOS**

### **1.6.1 NÚMERO DE ÁRBOLES**

La distribución del número de árboles por clase diamétrica es un reflejo de la dinámica de la población ya que indica la frecuencia de establecimiento exitoso de los árboles (Valerio- Salas, 1997):

- Una distribución uniforme sin una tendencia evidente, de número del individuo por clase de diámetro, depende de la frecuencia de apertura de espacios (claros) propicios para sus establecimientos.
- Una distribución que sigue un patrón de disminución conforme aumenta el diámetro o jota invertida, corresponde a la tasa de mortalidad de una población que se ha establecido independientemente de la frecuencia de apertura de clases.
- El análisis de la distribución diamétrica de número de árboles de una especie, permite identificar las características ecológicas, su estrategia de perpetuación y la posible respuesta a las intervenciones.

En los bosques naturales se pueden encontrar proporciones diferentes de especies con una u otra estrategia y es necesario mantener esta proporción después de una intervención humana. Estas proporciones son particulares para cada ecosistema, ya que corresponde a la dinámica de esa comunidad (Valerio-Salas, 1997)

### **1.6.2 ÁREA BASAL**

El área basal es una medida que sirve para estimar el volumen de especies arbóreas o arbustivas. Por definición, el área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un árbol a una determinada altura del suelo (Matteucci y Colma,

1982). En árboles, este parámetro se mide obteniendo el diámetro o el perímetro a la altura del pecho (DAP a una altura de 1.3 m). En arbustos u otras plantas, que se ramifican desde la base, el diámetro o perímetro se toma a la altura del suelo. Mostacedo y Fredericksen (2000). Cuando se tiene el DAP, el área basal (AB) para un individuo se obtiene de la siguiente manera:

$$AB = \pi(D^2/4)$$

Donde:

$$\pi = 3.141592$$

D = diámetro a la altura del pecho

### **1.6.3 VOLUMEN**

Según Tapia (1979), uno de los usos más importantes que se le puede dar a la teoría de las interrelaciones en la silvicultura y para caracterizar a la vegetación es el cálculo del volumen.

Como se sabe el volumen de un árbol es calculado en función de muchas variables interactuantes como diámetros, alturas, factor mórfico, edad, índice de sitio, etc.

El potencial del recurso forestal de un determinado sitio o de un bosque se cuantifica sobre la bases de fórmulas volumétricas empleadas normalmente en la ciencias forestales (Tapia-1979)

Se define volumen potencial como aquel que aún no se encuentra apto para ser aprovechado, es decir, aquellos árboles que están en crecimiento y por debajo del diámetro mínimo de corta; y volumen actual es aquel que está por encima del diámetro mínimo de corta, es decir, aquellos árboles que han alcanzado su madurez comercial.

La fórmula para calcular el volumen, utilizando para el presente trabajo es propuesto por Hubert:

$$V = AB * HC * ff$$

Donde:

V = volumen m<sup>3</sup>

AB = área basal m<sup>2</sup>

HC = altura comercial m

ff = factor de forma

## **1.7 CONSIDERACIONES BASICAS DE TRANSECTOS DE MEDICIÓN**

### **1.7.1. TRANSECTOS**

El método de los transectos es ampliamente utilizado por la rapidez con que se mide y por la mayor heterogeneidad con que se muestrea la vegetación. Un transecto es un rectángulo situado en un lugar para medir ciertos parámetros de un determinado tipo de vegetación. El tamaño de los transectos puede ser variable y depende del grupo de plantas a medirse. En los transectos, generalmente se miden parámetros como altura de la planta, abundancia, DAP y frecuencia. Mostacedo y Fredericksen (2000)

### **1.7.2 TRANSECTOS VARIABLES**

Este método es una variante de los transectos y fue propuesto por Foster et al. (1995), para realizar evaluaciones rápidas de la vegetación. Este método tiene como base muestrear un número estándar de individuos en vez de una superficie estándar y no requiere tomar medidas precisas de los datos. El método consiste en muestrear un número determinado de individuos a lo largo de un transecto con un ancho determinado y el largo definido por el número estándar de individuos a muestrearse.

Para considerar el número de plantas a muestrear, se debe tomar en cuenta que usualmente es mejor hacer muchos muestreos pequeños que pocos muestreos grandes. Foster et al. (1995) mencionan que 50 individuos de muestreo para cada clase de plantas puede ser un número adecuado, con el cual se pueden hacer varios muestreos representativos en un solo día. El ancho del transecto es variable y depende de la clase de plantas y la densidad de individuos. Por ejemplo, si se quiere muestrear árboles, en bosques densos el ancho del transecto será menor, mientras que en áreas

quemadas o pastoreadas (pocos árboles) tendrá que aumentarse. Mostacedo y Fredericksen (2000)

## **1.8 CÓMO SON LOS BOSQUES DE QUEÑUA?**

Los bosques de queñua o lampaya están formados por árboles o arbustos de forma retorcida, que pueden alcanzar hasta los 20 m. de altura. Los árboles se caracterizan por presentar pequeñas hojas siempre verdes a lo largo de todo el año, la corteza de su tronco es gruesa y arrugada, cubierta por numerosas y delgadas láminas caférojizas que los protegen de las bajas temperaturas.

A su vez, las numerosas láminas y ramas forman estructuras complejas que, incluso aún marchitas, aumentan el volumen de los árboles.

En las queñuas crecen musgos, enredaderas y líquenes que cubren ramas, troncos y suelos favoreciendo al crecimiento de otras plantas como hierbas y arbustos, algunas inclusive con propiedades medicinales. Proporcionan refugio y alimento a muchos insectos, aves y mamíferos. (Carolina García L. Arely Palabral, Isabel Gómez U 2007)

### **1.8.1 ¿DÓNDE CRECEN?**

Están presentes en las partes altas de la Cordillera de los Andes, entre 2800 a 5200 m.s.n.m., desde el Norte de Colombia y Sur de Venezuela hasta el Norte de Argentina y Chile, pasando por Ecuador, Perú y Bolivia.

En nuestro país la queñua se encuentra desde el valle de Cochabamba y Tarija cruzando el altiplano hasta el Norte de La Paz, formando pequeños bosquecillos. Todos estos lugares corresponden a laderas de valles, quebradas, zonas rocosas y cercanas a lagunas; siendo sitios más húmedos que protegen a los árboles de las heladas y sequías. Usualmente a grandes altitudes, como en el altiplano, suelen ser abiertos y poco densos; mientras que en zonas más bajas como en los Yungas o valles de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija, son más espesos, formando manchas en el paisaje. (Carolina García L. Arely Palabral, Isabel Gómez U 2007)

### 1.8.2 TIPOS DE QUEÑUA

El tipo de clima, suelo y relieve del terreno, entre otros, han influido durante varios miles de años en el desarrollo de este árbol. Como resultado éstos han adquirido algunos rasgos distintivos en su forma. Por ejemplo, en los valles de Cochabamba y Tarija se caracterizan por ser altos (aprox. 15 m.), de flores grandes, hojas amplias y delgadas.

En cambio, a medida que los lugares se hacen más altos y el clima más frío o seco, los árboles tienden a ser más pequeños, por lo general alcanzando los 3 m de altura, con hojas más pequeñas y gruesas necesarias para evitar la deshidratación provocada por los fuertes rayos del Sol, y las flores más pequeñas para protegerse contra el fuerte viento. (Carolina García L. Arely Palabral, Isabel Gómez U 2007)



*Polylepis triacontandra*



*Polylepis pepeii*

En Bolivia se han identificado 13 especies (4 endémicas) de árboles de queñua, científicamente conocidos bajo el género *Polylepis* y adicionando un nombre complementario para distinguir las especies. Por ejemplo *Polylepis pepeï* y *Polylepis triacontandra* que comúnmente son conocidas como queñua, lampaya, quewiña u otro nombre local que puede variar de una región a otra.

Los bosques de queñua de *Polylepis pepeï* que crecen en la vertiente Oriental de la Cordillera Real, se caracterizan por ser árboles pequeños de 4 m de altura en promedio, hojas menudas de puntas que forman un triangulo invertido, dando la apariencia de haber sido picoteadas. En cambio otra especie de queñua (*Polylepis triacontandra*) que crece en esta misma zona, se la puede diferenciar fácilmente porque alcanza una altura mayor, posee hojas más duras que *Polylepis pepeï*, de punta redondeada y con menos “pelos” en la superficie. (Carolina García L. Arely Palabral, Isabel Gómez U 2007)

### **1.8.3 IMPORTANCIA DE LA QUEÑUA**

Según Wilfredo Mendoza y Asunción Cano (2010), la *Polylepis* es un género botánico que incluye pequeños árboles y arbustos, comúnmente llamados queñua o quewiña.

Se reportan 19 especies en Perú, más del 70 % de las 27 registradas para toda el área Andina, convirtiéndose el Perú en el país con mayor diversidad *Polylepis*.

Especies de *Polylepis* también se presentan en otros países:

-Bolivia 13

-Ecuador 7

-Argentina 4

-Colombia 3

-Chile 2

-Venezuela 1

En Perú las 19 especies se distribuyen en 19 departamentos, encontrándose la mayor cantidad en Cusco 10 y Ayacucho 8.

La mayor diversidad de especies en Perú (15), se registraron en los Andes del sur, considerándose esta región como el probable centro de diversificación del género *Polylepis*.

Con respecto a la distribución en diversas alturas, la mayor diversidad de especies (18) se encuentran entre los 3000 y 4000 m de altitud.

El grupo se caracteriza por ser polinizado por el viento.

*Polylepis* incluye plantas caracterizadas por poseer un tronco retorcido.

En algunas áreas algunos árboles pueden llegar a alcanzar 15-20 m de alto y troncos con 2 m de diámetro.

El follaje es siempre verde, con pequeñas hojas densas y ramas muertas.

El nombre *Polylepis* deriva de dos palabras griegas, poly (muchas) y letis (láminas), refiriéndose a la corteza compuesta por múltiples láminas que se desprenden en delgadas capas. Este tipo de corteza es común en todas las especies del género. La corteza es gruesa y cubre densamente el tronco, que protege el tronco contra bajas temperaturas e incendios.

Algunas especies de *Polylepis* forman bosques que crecen a lo largo de la línea de árboles e incluso llegan a mayores elevaciones, rodeados por pastizales y arbustales.

Algunos individuos de *Polylepis tarapacana* crecen por encima de 5000 msnm, situando a *Polylepis* como el género con la distribución más alta de árboles angiospermas en el mundo.

Los bosques de *Polylepis* se caracterizan por formar pequeños parches, donde *Polylepis* suele ser la especie arborea dominante o exclusiva. Muchas de las especies

(p.ej. *P. pepei*, *P. tarapacana*, *P. besseri*) suelen habitar las zonas del límite superior del bosque continuo (zonas de transición entre los bosques montanos y zonas alpinas) y formar pequeños parches, comúnmente presentes en laderas de montañas y quebradas rocosas.

Los bosques de *Polylepis tarapacana* pueden llegar a crecer a altitudes extremas (4000 - 4500 msnm), el bosque de *P. tarapacana* en las faldas del nevado Sajama (Parque Nacional Sajama, Bolivia) es considerado como uno de los bosques más altos del mundo, distribuido entre los 4200 y 5200 m.s.n.m.

En la Cordillera de Vilcanota en Perú, los queñuales se distribuyen entre 3600 y 4500 m.s.n.m.

Una excepción son las especies que habitan los bosques húmedos montanos (*P. multijuga*, *P. quadrijuga* y *P. sericea*) y el bosque tucumano-boliviano (*P. cristagalli* y *P. hyeronimi*) porque se entremezclan con otras especies especies de árboles tropicales.

Los factores que determinan la actual distribución de los bosques de *Polylepis* han sido discutidas por los científicos desde fines de los años 1950. Especialmente en relación a los mecanismos que han actuando para producir una distribución fragmentada y aislada de los bosques.

En el presente, las hipótesis ambiental y antropogénica son las más aceptadas. La hipótesis ambiental propone que los bosques se encuentran asociados a las laderas y quebradas rocosas porque estos actúan como cobertizos contra las fluctuaciones drásticas de temperatura, heladas nocturnas y vientos helados. La hipótesis antropogénica sugiere que la distribución actual es el producto de la explotación intensiva de los bosques por parte de grupos humanos, quienes redujeron la cobertura boscosa a través de la extracción intensiva de madera, incendios, introducción de ganado vacuno y ovino y cultivos. Los bosques remanentes de *Polylepis* se

encuentran frecuentemente en laderas y zonas rocosas porque constituyen áreas donde los incendios no pueden expandirse y son de difícil acceso para el ganado.

Algunos autores sugieren que la distribución potencial de *Polylepis* fue mucho más amplia en el pasado, cubriendo extensas áreas en las tierras altas de Bolivia y Perú, y actualmente cubren aproximadamente el 10 % del área potencial Bolivia y 2-3 % en Perú.

Los bosques de *Polylepis* son ecosistemas que albergan una fauna y flora única, especialmente aves especialistas de hábitat y con altos niveles de endemismo. Estos bosques también representan uno de los habitantes más vulnerables de los altos Andes por la fuerte presión antropogénica existente, ya que constituyen el único recurso maderable en esas alturas.

El polen de *Polylepis* se caracteriza por ser mónada, con una forma isopolar y relativamente esférico achatado ligeramente a los polos. Tiene tanto una abertura alargada y redondeada y los límites de la endoapertura (las aberturas interiores de apertura compuesta) son oscuros. La parte alargada de la abertura está completamente cubierta por una pontooperculo.

Los frutos de *Polylepis* son esencialmente aquenios. Los frutos de todas las especies son indehiscentes y poseen una sola semilla. Los frutos de las diferentes especies tiene crestas, espinas o alas. El tipo de protuberancia es caracter diagnóstico para diferenciar especies.

Las flores de todas las especies del género están organizadas en inflorescencias. En la mayoría de los casos las inflorescencias son colgantes, en algunos casos como las inflorescencias son reducidas y se mantienen casi ocultas entre las axilas de la hojas. En las especies con inflorescencias colgantes, las flores nacen con regularidad a lo largo del raquis o agrupadas al final de las ramas. Las flores son reducidas y tienen

muchas características asociadas con la polinización por el viento. Éstos incluyen, pétalos y sépalos reducidos, ausencia de olor y néctar, anteras numerosas con largos filamentos, polen abundante y estigma seco y amplio.

La polinización por el viento fue un evento evolutivo que probablemente ayudó a *Polylepis* a colonizar las tierras altas, puesto que las especies no tuvieron que depender de polinizadores como animales, especialmente insectos, que son más escasos en regiones altas. Los frutos de todas las especies son dispersados por el viento. Sin embargo, la presencia de espinas en los frutos de muchas plantas, sugiere la potencial dispersión de los frutos por animales, especialmente en especies como *P. australis*. Muchas especies de aves buscan alimento o viven en los árboles de *Polylepis* y es posible que dispersen las frutas atrapadas entre sus plumas.

*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 tinteles. La corteza posee propiedades medicinales para curar enfermedades respiratorias y renales y también se utiliza como tinte para teñir tejidos. Los bosques son zonas utilizadas para el pastoreo del ganado doméstico nativo (llamas y alpacas) e introducido (ovejas, vacas y cabras) y zonas de cultivo de maíz, papa, cebada, entre otros.

La taxonomía del género *Polylepis* es muy compleja. Según un estudio del año 2006 son 26 o 27 las especies que lo integran. (Herbario de la Universidad Nacional de Cajamarca)

A continuación se presenta el número de especies registradas en los países andinos:

-Venezuela: 1 especie.

-Colombia: 3 especies, 1 endémica

- Ecuador: 7 especies, 2 endémicas.
- Perú: 14 especies, 3 endémicas.
- Bolivia: 13 especies, 4 de ellas endémicas.
- Chile: 2 especies, no posee especies endémicas.
- Argentina: 4 especies, 1 endémica.

Éste es el listado de las 26 especies, y los países en donde se distribuyen:

- Polylepis australis*, Bitter, Argentina
- Polylepis besseri*, Hieron., 1896 Bolivia
- Polylepis crista-galli*, Argentina y Bolivia
- Polylepis flavipila*, Perú
- Polylepis hieronymi* Pilger, 1906 Argentina y Bolivia
- Polylepis incana* Kunth 1824 Bolivia, Colombia, Ecuador, y Perú
- Polylepis incarum*, Bolivia
- Polylepis lanata*, Bolivia
- Polylepis lanuginosa*, Humboldt, Bonpland y Kunth, 1824 Ecuador
- Polylepis microphylla*, (Wedd.) Bitter Ecuador, Perú
- Polylepis multijuga*, Pilger, 1906 Perú
- Polylepis neglecta*, Bolivia

- Polylepis pacensis* Bolivia
- Polylepis pauta* Hieron., 1896 Bolivia y Perú
- Polylepis pepeii*, Bolivia y Perú
- Polylepis quadrijuga*, Bitter, 1911 Colombia
- Polylepis racemosa*, Ruiz & Pavon, 1798 Bolivia y Perú
- Polylepis reticulata* H.B.K. Ecuador
- Polylepis rugulosa*, Chile y Perú
- Polylepis sericea* Wedd., 1861 Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, y Venezuela
- Polylepis subsericans*, Perú
- Polylepis subtusalbida*, Bolivia
- Polylepis tarapacana*, Phil., 1891 Bolivia, Chile, y Perú.
- Polylepis triacontandra*, Bolivia y Perú
- Polylepis weberbaueri*, Pilger Ecuador, Perú
- Polylepis tomentella*, Wedd., 1861 Argentina, Bolivia y Perú
- Polylepis tomentella subsp. nana* Bolivia
- Polylepis tomentella subsp. Incanoides*, Bolivia
- Polylepis tomentella subsp. Tomentella*, Argentina, y Bolivia.

## **CAPÍTULO II**

### **DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

#### **2. ZONA DE ESTUDIO**

##### **2.1 LOCALIZACIÓN**

La subcuenca Sola tiene una superficie de 15276 ha de la cuales 99,35 ha son de Bosque ralo a semidenso, mayormente siempre verde, semideciduo montano. (INIBREH, 2007)

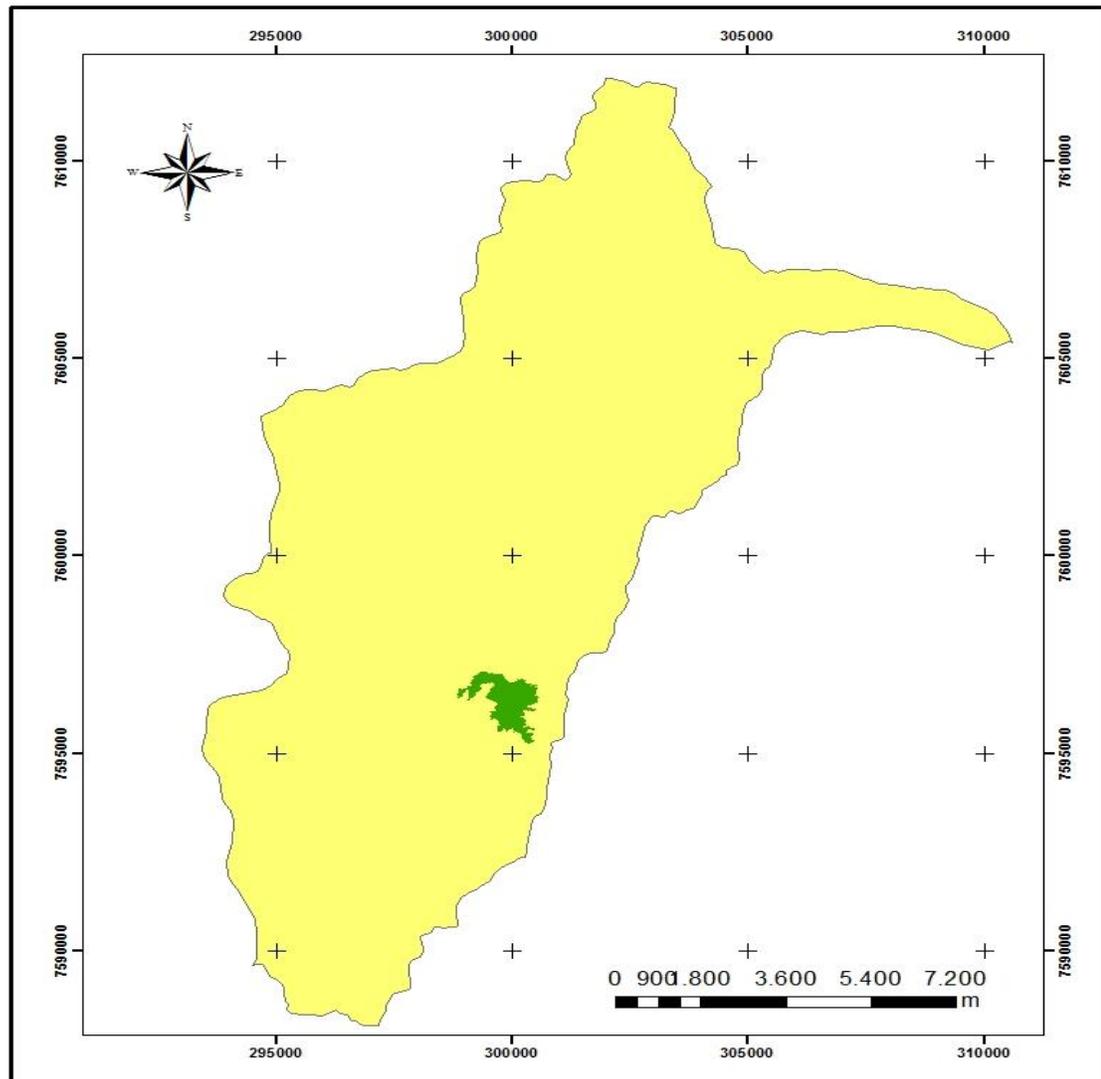
Está ubicada aproximadamente a 57 km al sud oeste de la ciudad de Tarija; limita al norte con la Reserva Biológica Cordillera de Sama y al noreste con el valle del Río Guadalquivir, separada al sud este por la subcuenca Molino y al oeste con la subcuenca Pinos. Está formado por dos afluentes principales Río Calderillas y Río Sola.

De acuerdo a la división administrativa del departamento, la sub cuenca Sola es parte de la cuenca de Tolomosa. Pertenece a la provincia Cercado del departamento de Tarija.

La comunidad de Calderilla Chica se localiza en la parte suroeste de la ciudad de Tarija, en la parte alta de la cuenca del Río Tolomosa. Para llegar a la comunidad no existe un camino carretero que llegue hasta el lugar. Existen dos rutas para llegar la primera es por el camino hacia Pinos Sur en movilidad con un recorrido aproximado de 45 minutos en movilidad. Y de ahí se toma un camino de herradura muy empinado con un recorrido de 5 horas a pie hasta llegar a la comunidad.

La otra ruta es por las lagunas de Taxára, se toma la carretera hacia Villazón hasta llegar a las lagunas con un recorrido de 2 horas y bajar hasta la comunidad de Calderillas Grande hasta este lugar existe camino carretero, de ahí se toma un camino de herradura hasta llegar a Calderillas Chica con un recorrido de 1 hora.

### 2.1.1 MAPA DE UBICACIÓN DE LOS BOSQUES



## 2.2 CLIMA

La zona alta (3.600 a 4.700 m.s.n.m.) posee un clima frío característico de la Puna donde son frecuentes las heladas, con temperaturas máxima media de 14,8 °C y mínima media de -2,4 °C. Mientras la zona baja (1.950 m.s.n.m.) presenta un clima templado con temperaturas máximas que varían desde los 18 °C hasta los 32 °C, con esporádicos surazos o heladas entre junio a septiembre.

La precipitación media anual estimada para toda la zona es de 372,9 mm. El mes más seco es junio y julio, con 1 mm y el mes de enero es el mes que tiene las mayores precipitaciones del año, con 117 mm.

La zona alta se caracteriza por los fuertes vientos, éstos se presentan con intervalos de más de 6 horas al día, especialmente en horas de la tarde; la dirección del viento es generalmente al norte, con una media del periodo de los años 1.991 a 2.003 de 9,4 km/h, y con máximas que pueden superar los 60 km/h.

Periódicamente en la zona se producen algunos desastres naturales relacionados al clima como las granizadas, heladas, riadas y sequías. Son sucesos lamentables que ocurren debido a circunstancias naturales y que ponen en peligro el bienestar de los comunarios y del medio ambiente. Las comunidades que se encuentran en la zona baja como Pinos, Bella Vista, San Pedro de Sola, Coimata y Rincón de la Victoria, generalmente entre los meses de diciembre a febrero son afectadas por granizadas que devastan los campos de cultivo e incluso afectan a los animales de corral. De julio a agosto, en estas mismas comunidades, pueden presentarse intensas heladas, llegando incluso a temperaturas muy bajas durante varios días. (OTN – PB – PEA – SERNAP 2016)

## 2.3 OROGRAFÍA Y SUELOS

El sistema montañoso, corresponde probablemente a una de las formaciones más antiguas de los Andes; está constituida por una cadena montañosa que forma parte de la Cordillera Real u Oriental. Las cotas extremas en las montañas llegan hasta los 4.700 m.s.n.m. y en los Valles hasta los 1.950 m.s.n.m.

Los suelos de la Puna en general tienen como limitaciones para la producción agropecuaria la presencia de piedra y grava, son poco profundos, textura franco arenosa y pobres en materia orgánica. En la parte alta los suelos son cada vez menos productivos debido a las condiciones climatológicas adversas, la poca profundidad, el uso intensivo y el sobrepastoreo. Mayormente las tierras son aptas para pastoreo y vida silvestre, y en algunos sectores para la agricultura. El 65 % de las tierras es utilizada para pastoreo de ganado ovino, camélido y asino; el 20 % es destinado a la siembra de cultivos como la papa, haba, cebolla y en pequeñas cantidades cebada y ajo; y el restante 15 % son zonas de pedregales y arenales, que no se les puede dar uso (ZONISIG, 2000).

Las laderas orientales de la serranía de Sama, se caracterizan por sus zonas escarpadas, fuertes pendientes y barrancos, donde se concentra la humedad y se desarrolla una vegetación característica. En estas laderas y quebradas se originan los cauces de los principales cuerpos de agua, que suministran de agua a la ciudad de Tarija. Los pequeños Valles que se presentan normalmente están acompañados por profundos cañadones; las partes bajas de los Valles son amplias deposiciones de sedimentos fluvio-lacustres fuertemente erosionados y disectados, con presencia de planicies, terrazas y colinas residuales que limitan al oeste con la serranía de Sama. Los suelos son profundos de textura franco-arenosa a franco-limosa, con cantidades variables de fragmentos gruesos y baja cantidad de materia orgánica; en las márgenes de los ríos son arenosos y pedregosos. Las características del suelo y la disponibilidad de agua permiten una variada producción agrícola. En las laderas y cerros, hasta donde lo permite su accesibilidad y la disponibilidad de cobertura vegetal, se practica

el pastoreo de ganado vacuno y ovino, especialmente en las quebradas que cuentan con bastante y variada vegetación. (OTN – PB – PEA – SERNAP 2016)

## **2.4 HIDROGRAFÍA**

La red hídrica está conformada por: En la zona alta se encuentran la cuenca endorreica de Tajzara conformada por 2 lagunas permanentes y 3 estacionales, estas lagunas reciben los caudales de varias quebradas y ríos de poco caudal como los ríos Pujzara, Vicuñaoy, Muñayoj, Turcamarca y Torowaiko.

En periodo de lluvias (diciembre a marzo), en la cuenca de Tajzara se llegan a formar hasta 8 lagunas; alcanzando las 1300 ha de espejo de agua; de estas solo las lagunas Grande y Pujzara son de carácter permanente. (OTN – PB – PEA – SERNAP 2016)

Pero en el año 2015 entre diciembre y enero del 2016 se redujeron hasta un 15%, aunque en el último fin de semana de ese mismo año se concretaron algunas precipitaciones y se esperaba haber alcanzado un 30%, con mejor embalse en marzo. (PERIÓDICO, EL PAÍS 2016)

El río Tolomosa es uno de los principales afluentes del río Guadalquivir y es el único río regulado de la cuenca del río Bermejo. Se ubica al suroeste de la ciudad de Tarija y tiene sus nacientes en la cordillera de Sama. Nace con el nombre de río Calderillas con un recorrido de sur a norte en la parte alta de la cordillera, hasta llegar a la comunidad de Sola, donde adquiere éste nombre y cambia de dirección hacia el este, hasta la confluencia con el río Pinos desde donde toma el nombre de río Tolomosa, el cual después de un recorrido de aproximadamente 7 km llega al embalse de San Jacinto.

La cuenca del río Tolomosa hasta la sección de aforo de San Jacinto tiene un área de 436.8 km<sup>2</sup>. Gran parte de la cuenca se encuentra en la cordillera de Sama, distinguiéndose claramente un sector constituido por grandes conos aluviales y otro por sedimentos lacustres. (OTN – PB – PEA – SERNAP 2016)

## 2.5 VEGETACIÓN

Representan diferentes unidades de vegetación en las partes altas se encuentran pequeños bosques mixtos de quewiña (*Polylepis hieronymi* y *P. crista-galli*), chirimolle (*Escallonia resinosa*) y aliso (*Alnus acuminata*). En altitudes menores están los bosques de pino de cerro (*Podocarpus parlaorei*) entremezclados con aliso (*Alnus acuminata*), sauco (*Fagara coco*), espinillo (*Duranta serratifolia*) y varias especies de epífitas (*Tillandsia* spp.).

También existen hábitats de varias especies de fauna; destacándose los venados (*Hippocamelus antisensis*), que en periodo de invierno bajan desde las serranías de Sama en busca de alimento. Otros mamíferos como el gato de los pagonales (*Felis colocolo*) y aves como el mirlo de agua (*Cinclus schulzi*), la coludita de la quewiña (*Leptasthenura yanacensis*) y el carpinteo de la quewiña (*Oreomanes fraseri*) dependen de este hábitat para sobrevivir (Dupret, 1999).

### **Bosque ralo a semidenso, mayormente siempre verde. Semideciduo, montano**

Este bosque está formado predominantemente por especies del género *Polylepis*, conocido localmente como queñua, tiene alta distribución en la zona montañosa de los Andes Bolivianos. En la cuenca se presenta en forma dispersa en sitios encajonados muy localizados de laderas con exposición generalmente opuesta a la localización del Aliso blanco y Pino del serró. Se encuentran con mayor frecuencia a partir de los 2750 msnm, ubicándose entre el piso montano a subalpino con clima frío semihumedo. El género *Polylepis* forma un bosque generalmente ralo y bajo.

La masa boscosa está formada por especies predominantes de Queñua (*polylepis Crista-gall; Bitter, Polylepis sp*). Se observan brinzales muy aislados del género *Polylepis* en laderas con exposición sur y este, presentándose también Aliso blanco (*Alnus acuminata; H.B.K.*). En las partes más altas, en contacto con los pajonales, se encuentra el chirimolle (*Schinus andinus*). En el estrato arbustivo y herbáceo son más abundantes la chilca (*Jungiapolita; Griseb*), tholilla hoja dentada, brillante (*Bacchris sp*), paja (*Deyeuxia sp*), pasto cebollin (*Cyperus sp4 y Stevia sp3*), mirña (*Satureja parviflora; Phill-Epling*) y otros.

Los árboles de Queñua son perennifolios, pequeños de 4 a 7 metros de altura. Ocasionalmente se encuentran hasta de 10 metros. A pesar de la poca accesibilidad, están sometidos a un constante proceso de alteración y degradación, por estar sometidos a uso silbopastoril con extracción de leña (S-EVI) y pastoreo extensivo de ganado bovino y ovino.

Esta forma de uso ha provocado la desaparición de estos bosques en muchos sitios como en Calderilla Grande, existiendo actualmente pocos ejemplares. A comienzos de siglo (1911) citado por Beck (1999) observo que bosques del género *Polylepis* se encontraban solamente en lugares protegidos de valles y quebradas. (Atlas Ecotemático de la cuenca río Tolomosa primera edición, 2007)

## **2.6 USO DE RECURSOS NATURALES**

Los habitantes hacen usos y costumbres de varios recursos naturales, acceden y utilizan los recursos naturales para diferentes actividades, principalmente de algunas especies de plantas utilizadas como fuente energética y forraje. La más explotada en el uso de algunas especies son: La quewiña (*Polylepis tomentella*), yareta (*Azorella compacta*) y tolas (*Baccharis* spp.). En la zona del Cardonal las más utilizadas son: el palqui (*Acacia feddeana*), churqui (*Prosopis ferox*) y los cactus columnares (*Trichocereus* spp.).

Igualmente dentro sus usos y costumbres hacen uso de la flora del área protegida para: medicina, forraje, construcción y combustible. Además otro recurso natural que utiliza gran parte de la población rural y urbana de la ciudad de Tarija, es el agua que se origina en la serranía de Sama. (OTN – PB – PEA – SERNAP 2016)

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1 MATERIALES DE CAMPO**

- Mapas del área de trabajo
- GPS (sistema de posicionamiento global)
- Brújula
- Wincha
- Planillas de inventario forestal
- Tablero

##### **3.1.2 MATERIALES DE GABINETE**

- Software (ArcGis versión 10.3)
- Imagen satelital
- Computadora
- Material de escritorio
- Mapa de vegetación de la cuenca del Río Tolomosa
- Mapa de vegetación de la subcuenca del Río Sola

#### **3.2 METODOLOGÍA**

##### **3.2.1 TAMAÑO DEL ÁREA MUESTREADA**

Durante esta etapa se realizó la interpretación del mapa de vegetación de la subcuenca Sola, para el delineamiento y agrupamiento de las unidades vegetales en estudio.

Para este estudio se utilizó una intensidad de muestreo de 2,5% como está establecido en la norma técnica 248/98. La superficie del área es de 99,35 ha con una latitud de 21°42'47,63'' y una longitud de 64°56'3,28'' de cobertura boscosa, las cuales fueron distribuidas en 30 parcelas de 800 m<sup>2</sup> en transectos longitudinales dentro los bosquecillos con el cuidado de que los relictos boscosos se encuentren en diferentes elevaciones sobre el nivel del mar.

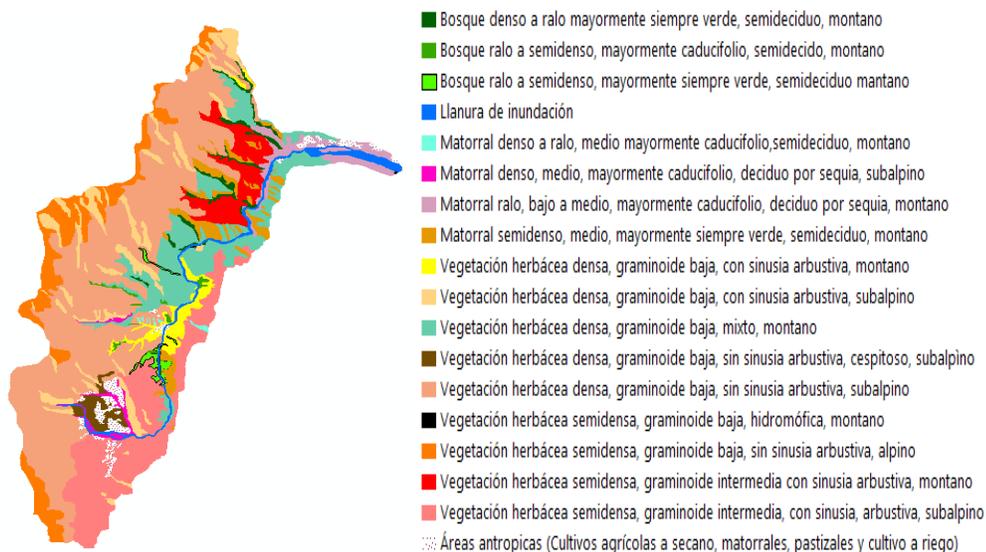
Para la clasificación de la vegetación existente en la subcuenca Sola, se utilizó imágenes satelitales de la zona. Se combinaron las imágenes satelitales (bandas) para poder identificar la cobertura vegetal, suelos, y cuerpos de agua. Para ello se realizó una clasificación no supervisada.

Posteriormente se delimitó sobre la imagen las áreas suficientemente representativas de cada una de las categorías que componen la leyenda.

Para simplificar los resultados de la clasificación fue necesario realizar un filtrado a las imágenes satelitales, para generalizar los polígonos que forman la clasificación, esto facilitó su conexión con la ejecución y aplicación del Arcgis.

## MAPA DE VEGETACIÓN DE LA SUBCUENCA SOLA

### LEYENDA



Fuente: FAO/UNESCO (INIBREH, 2007)

### 3.2.2 UBICACIÓN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO

Como primer paso, para la ubicación de las parcelas, se observó el lugar y con la ayuda de la brújula se fue dando rumbo a cada transecto, tratando de tomar la mayor cantidad de la vegetación.

#### 3.2.2.1 DEMARCACIÓN DE LA PARCELAS

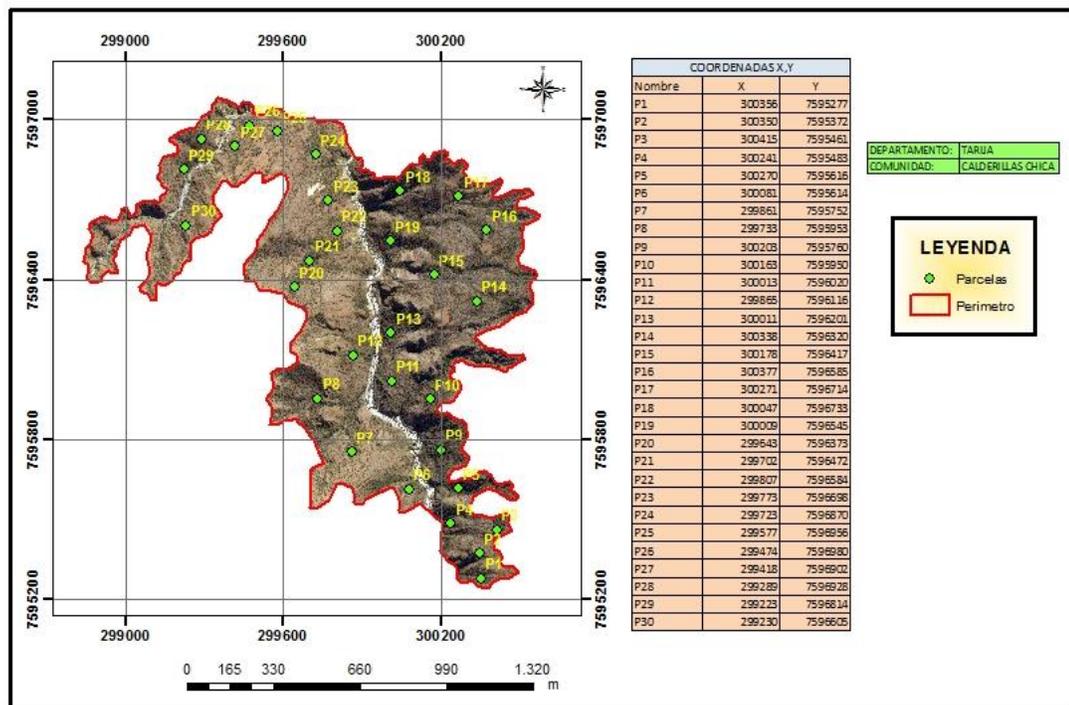
Las parcelas una vez ubicadas se demarcaron con nylon en cada esquina de la parcela para la fácil inventariación de datos dasométricos de árboles en estudio a consideración del tema.

#### 3.2.2.2 MUESTREO

La caracterización estructural de la vegetación se llevó a cabo con el diseño de muestreo “al azar - estratificado”.

Se realizaron 30 parcelas de 40 x 20 (anexo 1) y el muestreo se realizó o ejecutó en todo el estrato que abarca el área de trabajo que es 99,35 ha, eligiendo un punto a partir de la cual se trazó un transecto lineal.

#### 2.2.2.3 UBICACIÓN DE LAS PARCELAS



### **3.2.3 LEVANTAMIENTO DE DATOS EN CAMPO**

Se realizó el levantamiento de datos en las planillas confeccionadas tomando la siguiente información:

#### **3.2.3.1 ESPECIE**

Los árboles tomados en cuenta para el estudio fueron a partir de los 30 cm de circunferencia o 9,55 cm de diámetro, se recolectaron muestras de campo para su posterior identificación en el herbario de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la ciudad de Tarija.

#### **3.2.3.2 DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (cm)**

El DAP se midió con una cinta diamétrica e incluso con una huincha, en algunos casos cuando el árbol presentaba algunas anomalías como por ejemplo aletones, podredumbres, se buscó puntos de medición de diámetros de referencia y haciendo conversión con la siguiente formula:

$$d = \frac{c}{\pi}$$

#### **3.2.3.3 ALTURA TOTAL**

Para medir la altura del árbol en estudio, aplicamos el método más sencillo de una regla. El procedimiento es el siguiente:

\*Se midió con una varilla, nos colocamos al lado del árbol.

\*Posteriormente hicimos el uso de la varilla que tenía una medida de 4m, la utilizamos como si fuera una regla.

\*Luego con la varilla medimos los árboles que eran menores a los 4 metros de altura.

\*Para la medida de los arboles mayores a los 4 m de altura, se utilizó la varilla de 4 m, juntamente con nuestra altura, así pudimos tomar la altura de los árboles mayores a 4 metros. Posteriormente se utilizó este método para todos los árboles.

### 3.2.3.4 CALIDAD

La calidad del árbol se tomó en cuenta a criterio propio, constituyéndose una variable cualitativa más importante del árbol con los subjetivos de 1 a 3, guarda relación con su conformación morfológica, fenotipo y estructura.

(1)Fuste recto sin defectos físicos, (2) fuste ligeramente curvado con defectos leves, (3) fuste tortuoso o muy curvado con defectos graves en su estructura.

### 3.2.3.5 OBSERVACIONES

Estas observaciones guardan más relación con el estado sanitario del árbol y la forma, con los subjetivos de la siguiente manera, (T) torcido, (B) bifurcado, (R) recto, (P) podrido del árbol, (M) muerto el árbol.

## 3.2.4 ÍNDICES PARA CARACTERIZAR LA ECOLOGÍA DE LA QUEÑUA (*POLYLEPIS INCANA H.B.K.*) Y REGENERACIÓN NATURAL

Los índices utilizados para caracterizar la ecología cuantitativamente son: Abundancia, Frecuencia, Dominancia e IVI, los cuales son descritos a continuación.

### 3.2.4.1 ABUNDANCIA.

Se tomó el número de árboles de cada especie dentro del rodal en estudio, se expresa en términos absolutos y relativos la abundancia relativa (ABR), se calculó como el porcentaje del número de individuos de una especie dada respecto al total de los individuos de la población.

$$Abr = \frac{N^{\circ} \text{ de árboles por especie}}{N^{\circ} \text{ de árboles para todas las especies}} * 100$$

### 3.2.4.2 DOMINANCIA

Representa la expansión horizontal dada por la proyección horizontal de las copas sobre el suelo por las dificultades de superposición del follaje en la estructura vertical y dado que existe una relación entre el área basal y proyección de copa se puede tomar como dominancia al área basal de las especies o rodal (dominancia absoluta).

La dominancia absoluta se obtuvo mediante la fórmula del área basal para cada especie.

La dominancia relativa, Relativa “DR” fue la participación o porcentaje que corresponde a cada especie del área basal total siendo este último valor igual a 100%.

$$DR = \frac{\text{Dominancia absoluta de la especie}}{\text{Total de la dominancia absoluta}} * 100$$

### 3.2.4.3 FRECUENCIA

Fue la probabilidad de encontrar uno o más individuos de una determinada especie en cada parcela delimitada, y se expresó como el porcentaje del número de unidades de muestras.

La frecuencia relativa “FR”, se calculó sobre la base de la suma total de las frecuencias absolutas de una muestra que se consideró igual a 100%.

$$Fab = \frac{\text{Nº de transectos en que ocurre la especie}}{\text{Nº total de transectos observados}} * 100$$

$$FR = \frac{\text{frecuencia absoluta de la especie}}{\text{total de la frecuencia absoluta}} * 100$$

### 3.2.4.4 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA

El índice de valor de importancia se utilizó para los fines de comparación, pues no entrega ninguna información adicional. En el cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$IVI = \left( \sum (ABR\% + DR\% + FR\%) \right)$$

Donde:

IVI = Índice de valor de importancia (0-300)

ABR% = Abundancia relativa de cada especie

DR% = Dominancia relativa de cada especie

FR% = Frecuencia relativa de cada especie

### 3.2.5 COCIENTE DE MEZCLA (C.M.)

También llamado “factor de heterogeneidad florística”, se obtuvo dividiendo el número de especies encontradas entre el total de árboles de las muestras de cada tipo, obteniendo una cifra que representa el promedio de individuos de cada especie. Este índice se usó como factor para medir la intensidad de mezcla de las especies y es asimismo, de frecuente empleo para categorizar diferentes tipos de bosques.

Para el cálculo de Cociente de Mezcla, se ha tomado la fórmula de Lamprecht (1990)

$$CM = \text{Número de especies} / \text{Número total de individuos.}$$

### 3.2.6 DENSIDAD (número de árboles por hectárea)

Para la obtención de la densidad (número de árboles por hectárea) en la práctica forestal se tomó en cuenta los valores de: tamaño de la parcela, número total de parcela y también una hectárea, que equivale a 10000m<sup>2</sup>. Posteriormente se halló el número de árboles por hectárea con una simple regla de 3.

### 3.2.7 ÍNDICE DE DIVERSIDAD FLORÍSTICA

Los índices de Shannon Wiener y Simpson son los más usados para la evaluación de la diversidad de especies.

En este caso se utilizó los índices de Shannon Wiener, aplicando a toda la comunidad en donde las categorías fueron las especies arbóreas.

El Índice de Shannon-Wiener (H), se calculó empleando la siguiente expresión:

$$H = -\sum_i^f P_i \ln P_i$$

Donde:

$P_i$  = Importancia relativa de la especie (categoría)  $i$  en la comunidad

$f$  = Número total de especies

$$P_i = \frac{N_i}{N}$$

Donde:

$N_i$  = Número de individuos u otra expresión de importancia.

$N$  = Valor total de la población.

Cuando se manipula correctamente la fórmula usando muestras, el índice de biodiversidad de Shannon - Wiener, dará un valor de diversidad (H) que abarca entre cero (indicando baja complejidad de la comunidad) y 4 (indicando alta complejidad de la comunidad).

### **3.2.8 REGENERACIÓN NATURAL**

Para ver el estado de la regeneración natural de la especie en estudio se realizó, sub parcelas de 10x10 m para los latizales y de 5x5 m para los brinzales. (ver anexo 1)

Las sub parcelas tanto para los latizales y brinzales se realizó dentro de las parcelas a un extremo, tanto en el principio como el final, obteniendo un total de 60 sub parcelas en los latizales como en los brinzales.

Para hallar el número de latizales y brinzales por hectárea se utilizó la misma fórmula o método de la densidad.

### **3.2.9 POSICIÓN SOCIOLÓGICA**

Según Becerra (1971), el análisis de la expansión vertical indica la composición florística de los diferentes estratos del bosque en dirección vertical y sobre la importancia (abundancia, frecuencia, dominancia) de las diferentes especies en cada uno de ellos. Con esta finalidad es que se determina la posición sociológica de cada árbol; según que corresponda el estrato superior, medio e inferior.

Según Finol (1992), la presencia de especies en los diferentes estratos del bosque es de verdadera importancia fitosociológica, especialmente se trata de bosques muy irregulares y heterogéneos, como es el caso de los bosques tropicales. Este mismo autor, indica que una especie determinada tiene su lugar asegurado en la estructura y composición del bosque cuando se encuentra representada en todos sus estratos; por el contrario, aquellas que se encuentran solamente en el estrato inferior o inferior y medio, es muy dudosa su sobrevivencia en el desarrollo del bosque hacia el clímax. Se exceptúan de esta regla, aquellas especies que por caracteres propios (probablemente genéticos), nunca llegan a pasar del estrato inferior (poco desarrollo y muy tolerantes a la sombra) y que probablemente siempre serán parte de su composición. Es:

- a) Aplicando la clasificación simple de Lamprecht (1990), con respecto a la estructura vertical se tomará el piso superior (altura > 2/3 de la altura superior

del vuelo), piso medio ( $< 2/3 > 1/3$  de la altura superior del vuelo) y piso inferior ( $< 1/3$  de la altura superior del vuelo)

La altura máxima del dosel de la vegetación en estudio fue de 6m,  $1/3$  fue para el piso inferior que fue de 0 a 2 m, para el piso medio de 2 a 4 m y para el dosel superior con árboles mayores a 4 m.

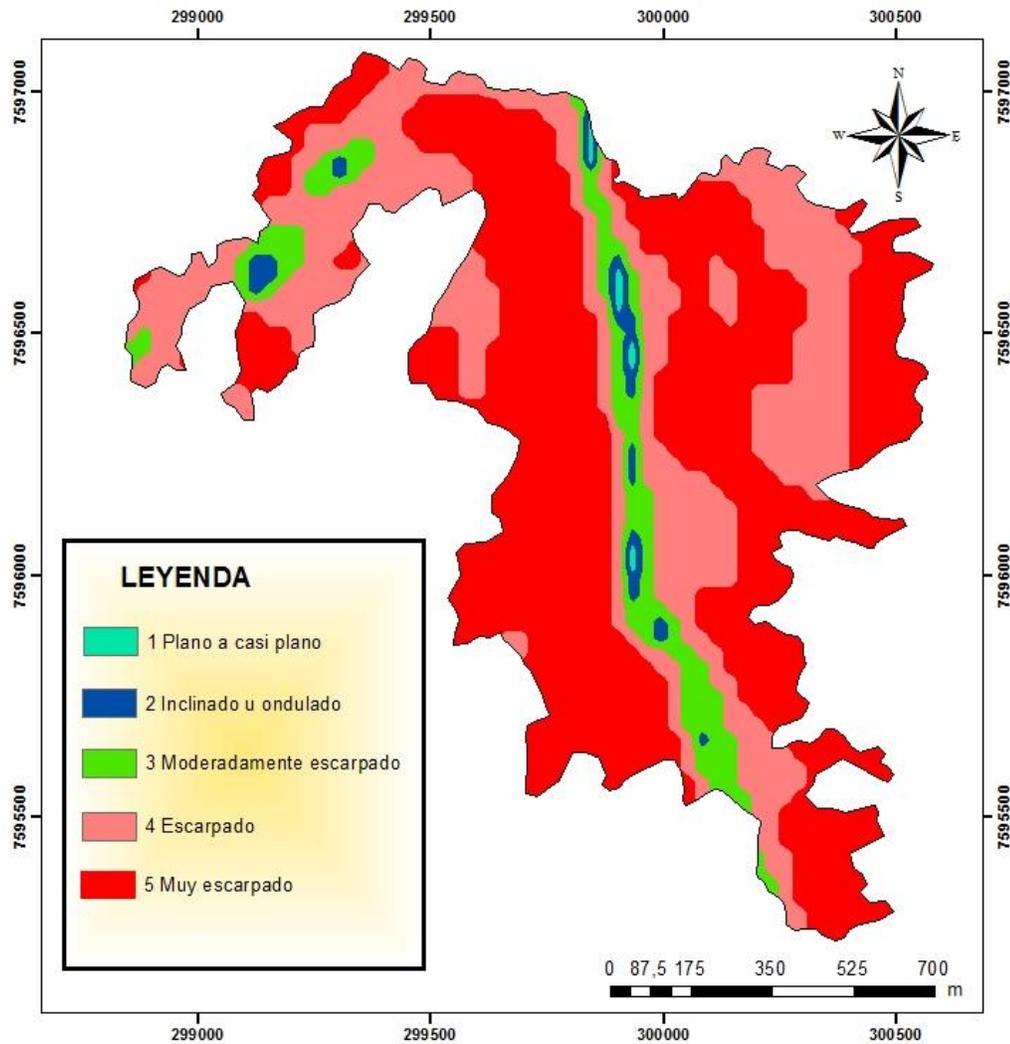
Estrato	N° de arboles	
	Abs.	%
<b>Piso inferior ( 0 - 2)</b>		
<b>Piso medio ( 2 - 4)</b>		
<b>Piso superior ( 4 - 6)</b>		
<b>total</b>		

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4 LÍMITES NATURALES EXISTENTES

##### 4.1 MAPA DE PENDIENTES



**P1.Clase, Relieve plano a casi plano (0-5).**- Tiene una superficie de 0,89 ha, ocupa el 1% de la superficie total. En esta pendiente no influye los procesos de erosión hídrica y en los paisajes no se evidencia procesos de erosión.

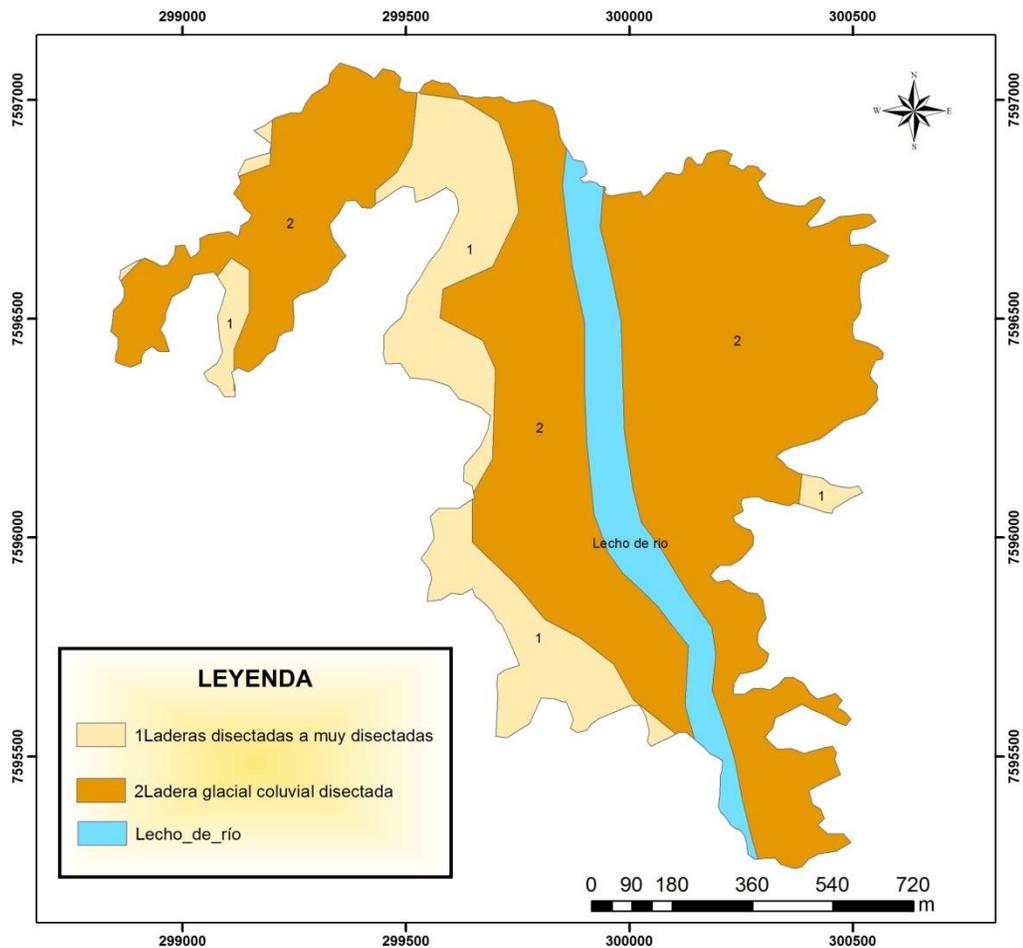
**P2. Clase.- Relieve inclinado u ondulado (5-10).**- Caracteriza el pie de monte y llanuras fluvio-lacustre en un área de 1,96 ha y ocupa el (1%), en esta clase de pendiente, se encuentra la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.), también se presentan procesos de erosión, especialmente en suelos susceptibles con los de origen fluvio-lacustre, en los que se observa surcos que luego se transforman en cárcavas.

**P3.Clase.- Relieve moderadamente escarpado (10-20).**- Se encuentra en un área de 8,78 ha (7%). En esta clase de pendiente se encuentra con más abundancia la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.), se observa relieves con varios tipos de remoción en masa lentos y fenómenos de erosión hídrica en forma de cárcava, especialmente en paisajes con rocas blancas y suelos erosionables.

**P4.Clase.- Relieve escarpado (20-40).**- Ocupa en 34% de (44,9 ha) que coincide en gran parte con el paisaje de laderas moderadamente disectada a muy disectadas de las serranías y colinas bajas, en esta clase de pendientes se encuentra muy poca queñua (*Polylepis incana* H.B.K.). Los terrenos con esta clase de pendientes son susceptibles a los movimientos de masa lentos y rápidos como los deslizamientos y los procesos de erosión hídrica.

**P5.-Clase.- Relieve muy escarpado (> 40).**- Es la más extensa con 76,62ha (58%), caracterizando todas las laderas del paisaje de montaña estructural alta, este paisaje presenta todas las condiciones para diferenciar procesos de movimiento en masa rápido y procesos de erosión hídrica. Sin embargo, solo se presentan deslizamientos, desprendimiento y caída de materiales localmente debido a la naturaleza geológica de rocas duras y macizas como las areniscas resistentes a procesos de degradación y por la protección de la cobertura vegetal.

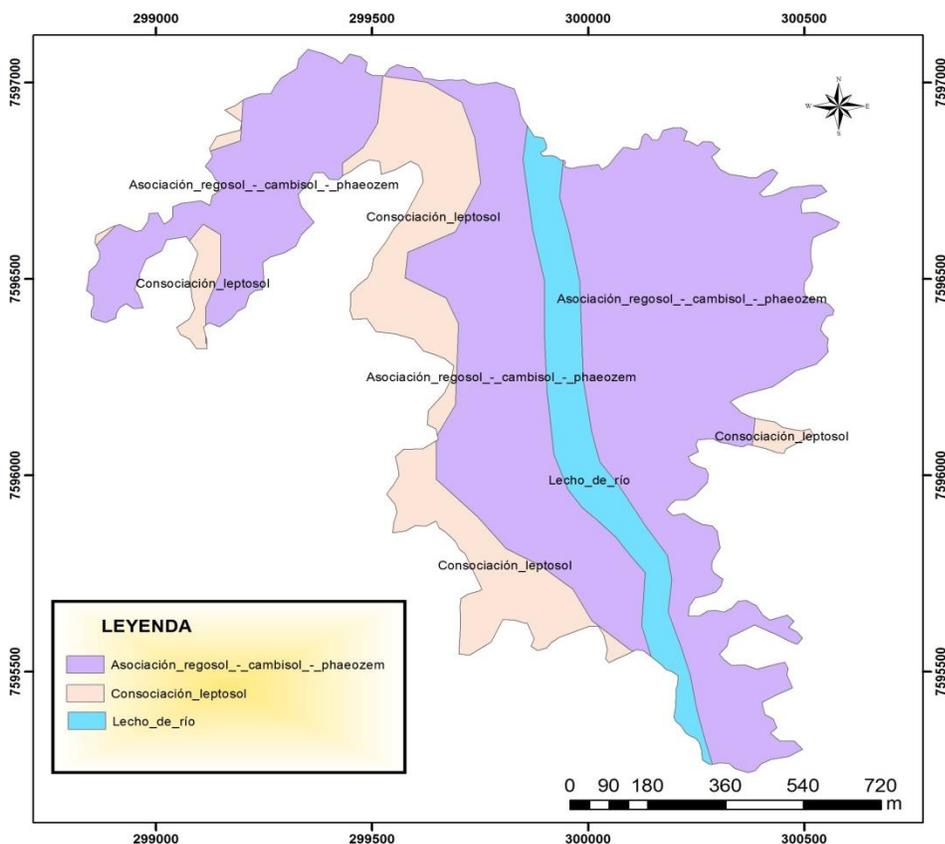
## 4.2 MAPA FISIOGRAFICO



**1.-Laderas disectadas a muy disectadas.-** Localizadas en los alrededores de la comunidad de calderillas chica con una superficie de 23,344 ha y divisoria de aguas del Cerro Filo Grande, en esta zona se origina y se establece la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.). Los principales procesos geomorfológicos son los movimientos rápidos como desprendimiento y caídas de fragmento heterométricos y formación de conos de derrubios. También se presentan procesos de erosión hídrica ligera a moderada, en forma laminar y surcos.

**2.-Ladera glacial coluvial disectada.-** Cuenta con una superficie de 97,578 ha en esta zona se establece la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.). Los procesos geomorfológicos que caracterizan la unidad son deslizamiento originados por la socavación provocada por el Rio Calderilla y originada por el pastoreo extensivo, afectados por la erosión hídrica ligera a moderada en forma laminar y surcos.

#### 4.3 MAPA DE SUELOS



**1.-Asociación regosol-cambisol-phaeozem.-** Se ubica en ambas márgenes del río calderilla, con una superficie de 97,578 ha. En esta zona se establece la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.), Esta zona está cubierto con vegetación herbácea rala y vegetación herbácea semidensa. (INIBREH, 2007). Los suelos son moderadamente profundos, de colores oscuros en la superficie y pardos amarillentos en el resto del perfil.

**2.-Consociacion leptosol.-** Se localiza en el Cerro Filo Grande y Cerro Negro con una superficie de 23,344, en esta zona se establece la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) La vegetación en esta zona es herbácea rala, y vegetación herbácea densa (INIBREH, 2007). Los suelos son muy superficiales, de textura franca a franco arenosa, de colores pardos oscuros, con contenidos de materia orgánica moderados.

#### 4.4 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Una vez realizado la evaluación de la vegetación y obtenidos los datos de campo registrados en las planillas diseñadas para tal fin, se identificaron 5 especies forestales pertenecientes a 5 familias botánicas, cuya abundancia total fue 331 árboles, distribuidos en 24000 m<sup>2</sup>. (Cuadro N°1)

Las parcelas de muestreo fueron distribuidos equitativamente en todo el área de estudio, dicho de otro modo, el estrato arbóreo se concentra en pequeñas manchas de asociaciones topográficas y atmosféricas que condicionan un microhabitat particular, puesto que su establecimiento depende de la topografía del clima que se forma en los valles angostos.

#### CUADRO N° 1 Especies arbóreas existentes en la zona de estudio

N°	Nombre Vulgar	Nombre Científico	Familia	N° indiv.
1	Queñua	<i>Polylepis incana</i> H.B.K.	Rosaceae	260
2	Chirimolle	<i>Schinus polygamus</i> (cav) Cabrera	Anacardiaceae	38
3	Aliso blanco	<i>Alnus acuminata</i> kunth	Betulaceae	25
4	Tolilla	<i>Fabiana densa</i> Remy	Solanaceae	7
5	Pino de cerro	<i>Podocarpus parlatoresi</i> ; Pilger	Podocarpaceae	1
<b>total</b>				331

**Fuente:** Herbario de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales

En base a los resultados de abundancia, se afirma que la familia Rosaceae es la que concentra la mayor cantidad de individuos, seguido los árboles que pertenecen a la familia Anacardiaceae, en cambio las familias que tienen pocos representantes son las familias Betulaceae, Solanaceae y Podocarpaceae.

Según INIBREH (2007) esta unidad de vegetación, es un bosque ralo a semidenso, está formado predominantemente por especies del género *Polylepis*, conocido localmente como queñua, tiene alta distribución en la zona montañosa de los Andes Bolivianos.

La masa boscosa está formada por especies predominantes de Queñua. Se observan brinzales muy aislados del género *Polylepis* en laderas con exposición sur y este, presentándose también Aliso blanco (*Alnus acuminata*; H.B.K.). En las partes más altas, en contacto con los pajonales, se encuentra el chirimolle (*Schinus andinus*). En el estrato arbustivo y herbáceo son más abundantes la chilca (*Jungiapolita*; Griseb), tholilla hoja dentada, brillante (*Bacchris sp*), paja (*Deyeuxia sp*), pasto cebollin (*Cyperus sp4* y *Stevia sp3*), mirña (*Satureja parviflora*; Phill-Epling) y otros.

## **4.5 ESTRUCTURA HORIZONTAL DEL BOSQUE**

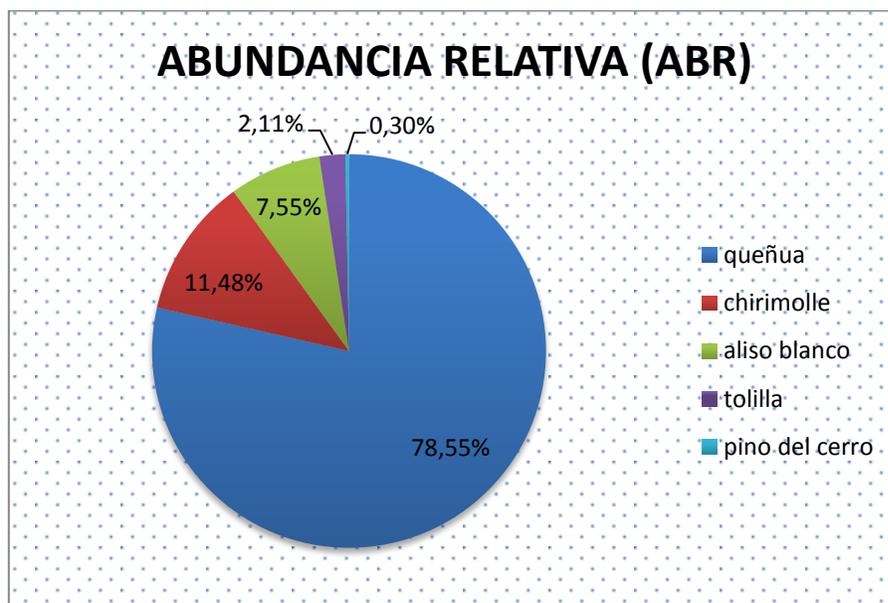
### **4.5.1 ABUNDANCIA**

La vegetación arbórea de la subcuenca del Río Sola se presenta con una abundancia relativa que indica el porcentaje de participación de cada especie referida al número de árboles encontrados en cada parcela del transecto de muestreo que constituyen el 100% habiéndose obtenido los siguientes resultados: en primer lugar con respecto a la abundancia ocupa la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) con 260 arb. Lo cual representa el 78,55%, seguido del chirimolle (*Schinus polygamus (cav)* Cabrera) con 38 arb. que representa el 11,48%, aliso blanco (*Alnus acuminata* kunth) con 25 arb. que representa el 7,45%, tolilla (*Fabiana densa* Remy) con 7 arb. que representa 2,11% y por último tenemos al pino de cerro (*Podocarpus parlatorei*; Pilger) con 1 arb. que representa un 0,33%.

Esto indica la dominancia de la queñua, que le otorga una asociación amplia con el chirimolle y participación de otras especies en cantidades menores, tal como se muestra en la gráfica de abundancia.

Especie	N° de Individuo	Abundancia(Abr) %
Queñua	260	78,55
Chirimolle	38	11,48
Aliso Blanco	25	7,55
Tolilla	7	2,11
Pino Del Cerro	1	0,30
<b>Total</b>	<b>331</b>	<b>100</b>

**Gráfico N° 1. Abundancia relativa de la asociación de queñua que se encuentran en la subcuenca del Río Sola**



#### 4.5.2 FRECUENCIA

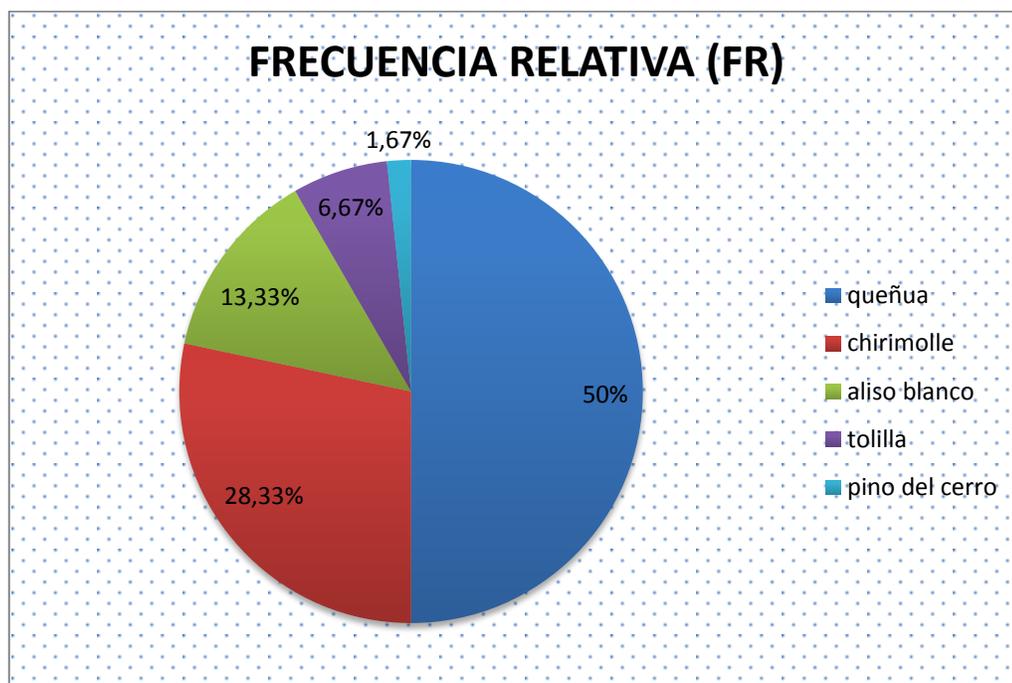
Es el muestreo de participación de las especies en los transectos de muestreo, que se considera al 100%. Los datos de frecuencia, indican que la queñua (*Polylepis incana* H.B.K) ocupa el primer lugar con 50%, esto quiere decir, que de cada 100 puntos de muestreo se tiene la probabilidad de encontrar en 50 parcelas; luego le sigue en orden de distribución espacial el chirimolle (*Schinus polygamus (cav)* Cabrera) con 28,33%, aliso blanco (*Alnus acuminata kunth*) participa con 13,33%, tolilla (*Fabiana densa* Remy) con el 6,67%, y por último se encuentra el pino de cerro que participa con el 1,67%. Como se muestra en el grafico N°2

Sobre esta base, se afirma que la frecuencia de participación de la queñua ratifica el dominio entre las demás especies, que por condiciones favorables de hábitat se establecieron en toda el área de las manchas boscosas.

<b>Especie</b>	<b>Parcela en que ocurre la esp.</b>	<b>Frecuencia absoluta de cada esp. %</b>
<b>Queñua</b>	<b>30</b>	<b>100,00</b>
<b>Chirimolle</b>	<b>17</b>	<b>56,67</b>
<b>Aliso Blanco</b>	<b>8</b>	<b>26,67</b>
<b>Tolilla</b>	<b>4</b>	<b>13,33</b>
<b>Pino Del Cerro</b>	<b>1</b>	<b>3,33</b>
<b>Total</b>		<b>200,00</b>

<b>Especie</b>	<b>Frecuencia Relativa (FR) %</b>
<b>Queñua</b>	<b>50,00</b>
<b>Chirimolle</b>	<b>28,33</b>
<b>Aliso Blanco</b>	<b>13,33</b>
<b>Tolilla</b>	<b>6,67</b>
<b>Pino Del Cerro</b>	<b>1,67</b>
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

**Gráfico N° 2. Distribución porcentual de la frecuencia de la queñua que se encuentran en la subcuenca del Río Sola**



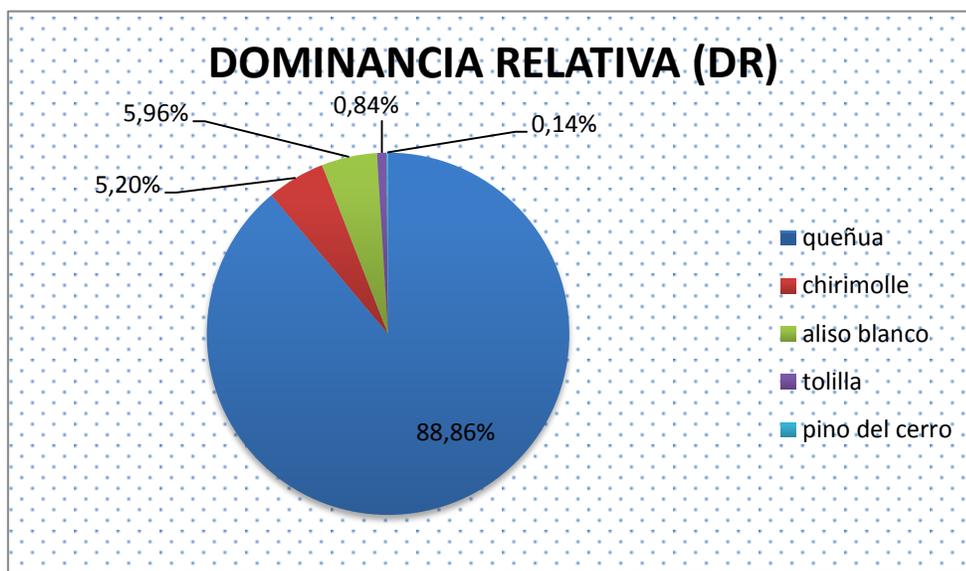
#### 4.5.3 DOMINANCIA

Dominancia relativa es la participación o porcentaje que corresponde a cada especie del área basal total de la comunidad estudiada que se presenta con los siguientes valores en porcentaje. Queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) con el 88,86% esto indica que esta especie presenta mayor participación en la zona, chirimolle (*Schinus polygamus (cav)* Cabrera) 5,20%, aliso blanco (*Alnus acuminata* kunth) 4,96%, tolilla (*Fabiana densa* Remy) 0,84%, y por último el pino de cerro con el 0,14%. Como se muestra en el gráfico N°3.

Especie	Dominancia Absoluta de cada Especia(ÁREA BASAL)
Queñua	5,63
Chirimolle	0,33
Aliso Blanco	0,31
Tolilla	0,05
Pino Del Cerro	0,01
<b>Total</b>	<b>6,33</b>

Especie	Dominancia Relativa (DR) %
Queñua	88,86
Chirimolle	5,20
Aliso Blanco	4,96
Tolilla	0,84
Pino Del Cerro	0,14
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

**Gráfico N° 3 Distribución porcentual de la dominancia de la queñua que se encuentran en la subcuenca del Río Sola**



#### 4.5.4 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)

Es la importancia ecológica de la especie arbórea en estudio y existentes, fue estimada a través del índice de valor de importancia (IVI), en base a este parámetro se encuentra el peso ecológico de la especie en estudio y de las demás especies existentes, el orden de importancia es la siguiente : Queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) con 217,41 % , seguido del chirimolle (*Schinus polygamus (cav)* Cabrera) con el 45,02 %, aliso blanco (*Alnus acuminata* kunth) con el 25,85%, tolilla (*Fabiana densa* Remy) con 9,62% y por último el pino de cerro (*Podocarpus parlatorei*; Pilger) con el 2,11 %, según se observa en el (cuadro N° 2)

ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA (ABR) %	FRECUENCIA RELATIVA (FR) %	DOMINANCIA RELATIVA (DR) %	IVI %
Queñua	78,55	50,00	88,86	217,41
Chirimolle	11,48	28,33	5,20	45,02
Aliso blanco	7,55	13,33	4,96	25,85
Tolilla	2,11	6,67	0,84	9,62
Pino del cerro	0,30	1,67	0,14	2,11

**CUADRO N° 2 Resumen porcentual del Índice de Valor de Importancia**

ABR=Abundancia Relativa FR.R= Frecuencia Relativa DOM= Dominancia

IVI= Índice Valor de Importancia

#### 4.6 COCIENTE DE MEZCLA

Mediante el cociente de mezcla se mide la intensidad de mezcla de las especies, se registraron 5 especies arbóreas y 331 árboles medidos y luego de reemplazar estos valores en la fórmula, se obtiene:

$$CM = \frac{1}{66}$$

El cociente de mezcla da un valor de 1:66 indicando que por cada especie encontrada se presentan 66 individuos en el bosque objeto estudio.

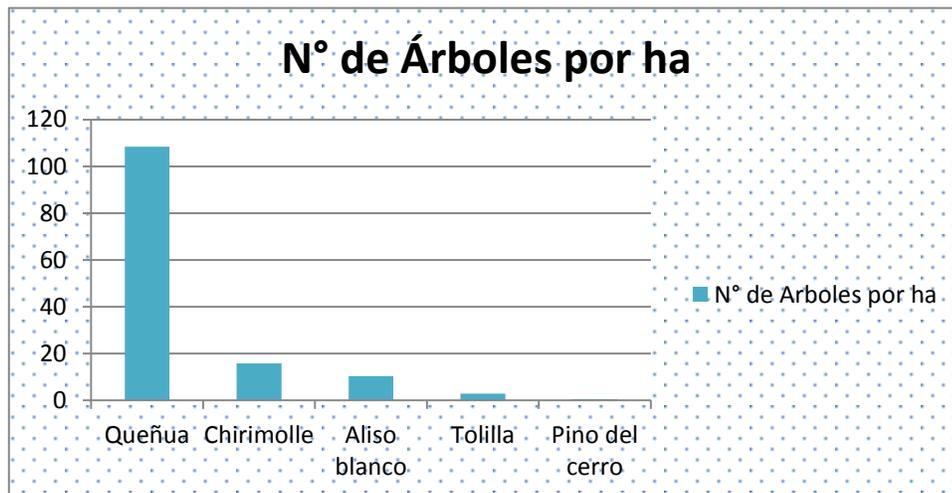
Así mismo, este valor demuestra que estos bosques al estar en función a sitios diferentes, proporcionan una mezcla con mucha homogeneidad.

#### 4.7 DENSIDAD

De acuerdo a los resultados del levantamiento, la densidad es casi variable, la especie con mayor densidad por hectárea es la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) con 108 arb/Ha, seguido del chirimolle (*Schinus polygamus (cav)* Cabrera) con 16 arb/Ha, aliso blanco (*Alnus acuminata* kunth) con 10 arb/Ha, tolilla (*Fabiana densa* Remy) con 3 arb/Ha, y por ultimo el pino de cerro (*Podocarpus parlatorei*; Pilger) con 0,4 arb/Ha (Gráfico N° 4)

Especie	Área total m2	N° de Árboles por Especie	N° de Árboles por ha
Queñua	24000	260	108
Chirimolle	24000	38	16
Aliso blanco	24000	25	10
Tolilla	24000	7	3
Pino del cerro	24000	1	0,4
<b>total</b>		<b>331</b>	<b>138</b>

Gráfico N° 4 Densidad de árboles por hectárea



#### 4.8 ÍNDICE DE DIVERSIDAD

Especie	ni	Pi	Ln pi	Pi Ln pi
Queñua	260	0,79	-0,24	-0,19
Chirimolle	38	0,11	-2,16	-0,25
Aliso Blanco	25	0,08	-2,58	-0,20
Tolilla	7	0,02	-3,86	-0,08
Pino De Cerro	1	0,00	-5,80	-0,02
<b>Total</b>	<b>331</b>			<b>-0,73</b>
				<b>0,73</b>

<b>Tipo de bosque</b>	<b>H'</b>
<b>Bosque ralo a semidenso</b>	<b>0,73</b>

Para este tipo de Bosque ralo a semidenso, el resultado de índice de diversidad (H') es de 0,73 esto indica que, es un tipo de bosque no muy diverso (baja complejidad según Shannon-Wiener). Esto se debe a que en el lugar no existen muchas especies, ya que solo existen 5 especies.

## 4.9 ESTRUCTURA VERTICAL

### 4.9.1 POSICIÓN FITOSOCIOLÓGICA

Fue calculada sobre la base de las alturas totales de cada individuo, los resultados indican que existen tres estratos: 1) estrato inferior o arbustivos con alturas menores a los 2 metros; 2) estrato medio o arbóreo con alturas entre los 2 y 4 metros; y 3) estrato superior o emergente con alturas entre 4 y 6 metros, calculando los valores fitosociológicos de cada especie se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a número de individuos por especie, según se observa en el (Cuadro N° 3).

**CUADRO N° 3 Especies por estratos de la subcuenca del Río Sola**

<b>Queñua</b>			
	<b>Altura total</b>	<b>N° de árboles</b>	<b>%</b>
<b>Estrato superior</b>	<b>4-6m</b>	<b>30</b>	<b>12</b>
<b>Estrato medio</b>	<b>2-4m</b>	<b>203</b>	<b>78</b>
<b>Estrato inferior</b>	<b>0-2m</b>	<b>27</b>	<b>10</b>
<b>Total</b>		<b>260</b>	<b>100</b>

<b>Chirimolle</b>			
	<b>Altura total</b>	<b>N° de árboles</b>	<b>%</b>
<b>Estrato superior</b>	<b>4-6m</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Estrato medio</b>	<b>2-4m</b>	<b>22</b>	<b>58</b>
<b>Estrato inferior</b>	<b>0-2m</b>	<b>16</b>	<b>42</b>
<b>Total</b>		<b>38</b>	<b>100</b>

<b>Aliso blanco</b>			
	<b>Altura total</b>	<b>N° de árboles</b>	<b>%</b>
<b>Estrato superior</b>	<b>4-6m</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Estrato medio</b>	<b>2-4m</b>	<b>24</b>	<b>96</b>
<b>Estrato inferior</b>	<b>0-2m</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Total</b>		<b>25</b>	<b>100</b>

<b>Tolilla</b>			
	<b>Altura total</b>	<b>N° de árboles</b>	<b>%</b>
<b>Estrato superior</b>	<b>4-6m</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Estrato medio</b>	<b>2-4m</b>	<b>2</b>	<b>29</b>
<b>Estrato inferior</b>	<b>0-2m</b>	<b>5</b>	<b>71</b>
<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>100</b>

<b>Pino del cerro</b>			
	<b>Altura total</b>	<b>N° de árboles</b>	<b>%</b>
<b>Estrato superior</b>	<b>4-6m</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Estrato medio</b>	<b>2-4m</b>	<b>1</b>	<b>100</b>
<b>Estrato inferior</b>	<b>0-2m</b>	<b>0</b>	
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>100</b>

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fitosociológico y de la consiguiente posición sociológica de esta zona, se clasificó en tres niveles la vegetación (según Lamprecht 1990): en el nivel emergente o superior se registró la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) con 30arb.

En el nivel medio o arbóreo, se registró la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) con 203arb., y en el nivel inferior también se registró a la queñua con 27arb., como se ve la queñua domina en los 3 niveles y es el más representativo por contener el mayor número de individuos, en comparación de las de las demás especies encontradas. (Cuadro N° 3).

#### 4.10 REGENERACIÓN NATURAL

Para obtener los datos de la regeneración se hicieron pequeñas parcelas de 10\*10m para los latizales tomando diámetros de 5 a 10 cm de dap; 5\*5 m para los brinzales con diámetros menores a 5 cm de dap y una altura 50cm. (Anexo 1)

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

##### Latizales:

Especie	Área total en m2	N° de individuos Latizal	Latizal/Ha
Queñua	6000	243	405
Chirimolle	6000	81	135
Aliso blanco	6000	18	30
Tolilla	6000	93	155
<b>Total</b>		<b>435</b>	<b>725</b>

##### Brinzales:

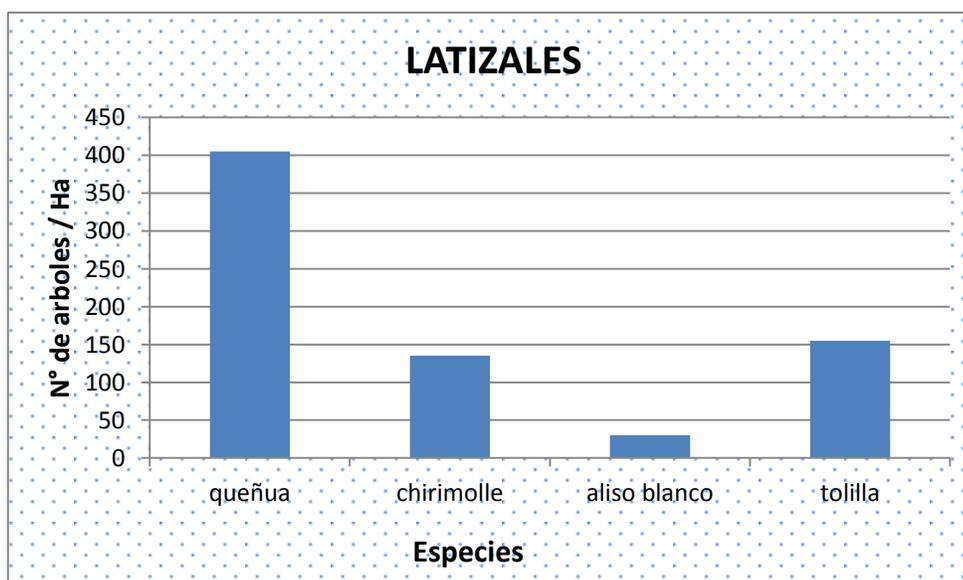
Especie	Área total en m2	N° de individuos Brinzal	Brinzal/Ha
Queñua	1500	152	1013
Chirimolle	1500	56	373
Aliso blanco	1500	15	100
Tolilla	1500	69	460
<b>Total</b>		<b>292</b>	<b>1946</b>

### CUADRO N°4 Resumen de abundancia de la regeneración natural

Especie	N° de individuos Latizal	Latizal/Ha	N° de individuos Brinzal	Brinzal/Ha
Queñua	243	405	152	1013
Chirimolle	81	135	56	373
Aliso blanco	18	30	15	100
Tolilla	93	155	69	460

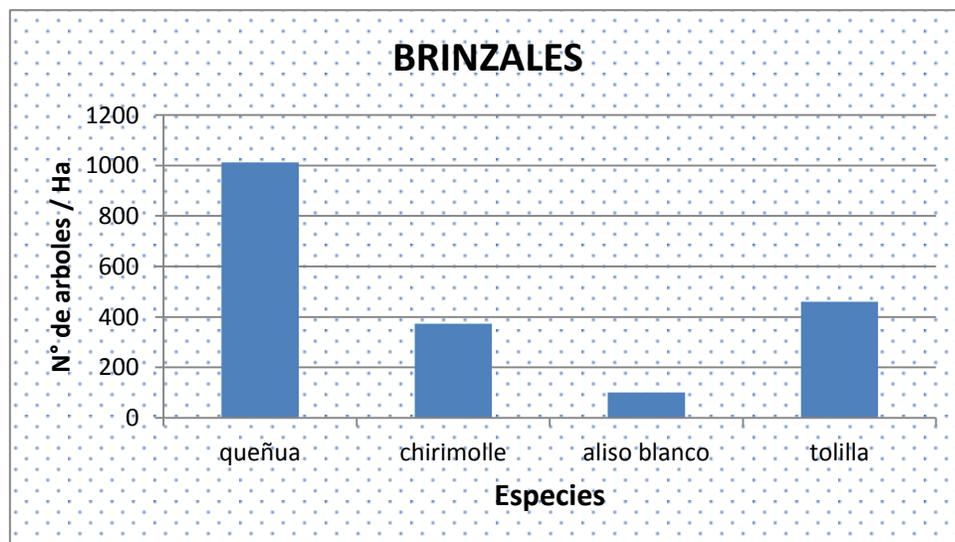
Este análisis de resultado de la regeneración de las especies arbóreas, en el área de estudio, podemos deducir que la regeneración natural en dos especies tanto en la Queñua como en el Chirimolle, son dominantes y codominados, posteriormente las demás especies están por debajo de ellas, porque estas son dominados, debido a la competencia de la luz de la regeneración.

### Gráfico N° 5 Número de latizales por hectárea de la regeneración natural



Como resultado dio lo siguiente: la especie con mayor número de latizales, es la queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) con 405 latizales /Ha, seguido por la tolilla (*Fabiana densa* Remy) 155 latizales /Ha, Chirimolle (*Schinus polygamus (cav)* Cabrera) con 135 latizales /Ha y la especie que presenta la menor cantidad en latizales es el aliso blanco (*Alnus acuminata* kunth) con 30 latizales/Ha.

### Gráfico N° 6 Número de brinzales por hectárea de la regeneración natural



Los resultados son los siguientes: La queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) ocupa el primer lugar con 1013 brinzales/Ha; seguido por la tolilla (*Fabiana densa* Remy) con 460 brinzales/Ha; chirimolle (*Schinus polygamus (cav)* Cabrera) con 373 brinzales/Ha, y como ultimo el aliso blanco (*Alnus acuminata* kunth) con 100 brinzales/Ha.

## 5 DISCUSIÓN

Los resultados encontrados acerca de la distribución y caracterización del hábitat de la Queñua concuerdan con:

Mondaque (Año 2014) Indica que la Queñua y Aliso forman gran parte de la vegetación arbórea del lugar que pertenece a los bosques remanentes del tucumano boliviano.

La especie de mayor abundancia corresponde a la especie Queñua con un 97.7%, seguida por la especie Aliso con un 2.3%. La Queñua también presenta una mayor dominancia con un 97%, frente a un 3% del aliso debido a que tiene mayor número de individuos por hectárea.

En cuanto en el presente existe una diferencia en los resultados, con el investigador mencionado, ya que en la zona de estudio se identificaron cinco especies (Queñua, Chirimolle, Aliso. Tolilla, Pino de Cerro) que forman parte de la vegetación arbórea del lugar que pertenece a los bosques remanentes del tucumano boliviano.

Y con respecto a los valores obtenidos de abundancia y dominancia es diferente, puesto que la especie de mayor abundancia también es la Queñua pero con un 78,55 %, Chirimolle con 11,48 %, Aliso blanco con 7,55 %, Tolilla con 2,11 % y Pino de cerro con el 0,30 %.

La especies de mayor dominancia también es la Queñua pero con un 88,86 %, Chirimolle con 5,20 %, Aliso blanco con 4,96 5, Tolilla con 0,84 % y Pino de cerro con 0,14 %.

Esta diferencia se podría deber a que las parcelas fueron ubicadas en distintos lugares específicos y que también la Queñua estaría siendo extraída y recolectada para combustible y diferentes o diversos usos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- En el área de estudio las características físico natural que brindan un ambiente propicio para la queñua (*Polylepis incana* H.B.K) son:

- Laderas formadas por cuarcitas, limonitas y areniscas gris blanquecinas

- Pendientes que van de 5° a 40°

- Suelos por lo general muy superficiales de textura franca a franco arenosa, de colores pardos oscuros y también suelos moderadamente profundos de colores oscuros en la superficie y pardos amarillentos en el resto del perfil.

- Existen 5 especies que forman la asociación natural del área de estudio, que tienen diferencia de abundancia, frecuencia, dominancia e IVI.

Queñua (*Polylepis incana* H.B.K.) con 217,41 %, seguido del chirimolle (*Schinus polygamus* (cav) Cabrera) con el 45,02 %, aliso blanco (*Alnus acuminata* kunth) con el 25,85%, tolilla (*Fabiana densa* Remy ) con 9,62% y por último el pino de cerro (*Podocarpus parlatorei*; Pilger) con el 2,11 %, en donde la queñua es la especie con mayor frecuencia y abundancia de individuos.

- La posición sociológica para cada especie se ha calculado empleando los valores fitosociológicos de cada una de las especies: Queñua (estrato superior 30arb, estrato medio 203arb y estrato inferior 27 arb), Chirimolle (estrato superior 0arb, estrato medio 22arb y estrato inferior 16arb), Aliso Blanco (estrato superior 0arb, estrato medio 24arb y estrato inferior 1arb), Tolilla (estrato superior 0arb, estrato medio 2arb y estrato inferior 5arb), Pino del Cerro(estrato superior 0arb, estrato medio 2arb y estrato inferior 5arb). Del cual existe un dominio amplio del número de especies del estrato medio, a estos árboles se los denomina como árboles emergentes o dominantes.

- En conclusión podemos indicar que la vegetación existente en la zona de estudio, la diversidad de especies es de baja complejidad según Shannon - Wiener y también la cantidad de individuos es baja, esto debido por la altitud, pendiente y suelo que presenta el lugar.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar talleres de concientización a los comunarios de la subcuenca del Río Sola, con el objetivo de inculcarles la importancia de conservar la cobertura vegetal y sobre todo de la queñua para beneficio suyo y para las generaciones futuras. Ya que la queñua sirve y beneficia mucho a los comunarios tanto como para combustible, construcción de corrales, tinte para teñir tejidos, como así también para la medicina.
- ❖ Se recomienda hacer un manejo más apropiado del ganado bovino ya que éstos alteran en la regeneración natural de la especie arbórea queñua de la subcuenca del Río Sola.
- ❖ Se debería realizar una reforestación con especies nativas en lugares ya que existen pocos individuos, para así evitar la degradación de las pequeñas masas boscosas de queñua existentes en el área.