

## CAPÍTULO I MARCO TEORICO

### 1.1. PLANTACIONES FORESTALES

Bosque establecido mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación. Está integrado por especies introducidas o nativas.

**Forestación.** - Establecimiento de plantaciones forestales en tierras que hasta ese momento no estaba clasificado como bosque. Implica la transformación en bosques de tierras no forestadas. (FAO, 2001).

**Reforestación.** - Establecimiento de plantaciones forestal es en tierras desarboladas temporalmente que se consideran bosque. (FAO, 2001).

### 1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE DE (*Pinus radiata* D. Don)

#### 1.2.1. Descripción botánica

El *Pinus radiata* (D. Don), es un árbol de talla media a elevada, de aproximadamente 30 metros de altura. La ventaja es que es una especie de crecimiento rápido ya que alcanza un diámetro de tronco de más de 40 pulgadas (-1 metro) o 99,2 cm., en 25 o 35 años.

#### 1.2.2. Descripción taxonómica

**Reino:** Vegetal.

**Phylum:** Telemophytae.

**División:** Tracheophytae.

**Subdivisión:** Gimnospermae

**Orden:** Coniferales

**Familia:** Pinaceae

**Nombre científico:** *Pinus radiata* D. Don.

**Nombre común:** Pino

**Fuente:** herbario de Botánica (U.A.J.M.S.), 2018.



Imagen N°1 *Pinus radiata* D. Don.

### 1.2.3. Tamaño

El tamaño varía según la densidad en que se haya desarrollado, en densidades normales como en las repoblaciones artificiales, forma durante 40 ó 50 años copas estrechas y puntiagudas, luego dejan de crecer en altura y tienden a aplanarse. Si el sitio es resguardado y de suelo profundo, la altura de los pies dominantes puede llegar a 40 m., pero en los sitios peores más expuestos o de suelo superficial, no pasan de 10 m, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).



**Imagen N°2** *Altura del Pinus radiata*

### 1.2.4. Tronco

Recto, con ritidoma pardo-rojizo grueso, prematuramente agrietado, rugoso, al fin pardo oscuro, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).



**Imagen N°3** *Tronco del Pinus radiata*

### 1.2.5. Corteza

La corteza es lisa de color gris verdoso en arboles jóvenes, pardo rojizo dividida por grietas longitudinales en arboles maduros, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).



**Imagen N°4** *Corteza del Pinus radiata*

### 1.2.6. Follaje

Persistentes, cuyas ramas verticiladas llevan brotes erectos que soportan tres hojas o agujas, ocasionalmente 4 o 5 en la edad joven, que aparecen en agrupaciones densas en los extremos de las ramas, envueltas en fascículos o vainas morenas persistente de 8 a 12 mm de ancho y 7 a 20 cm. de longitud, que se desgarran con el tiempo. Las agujas persisten de 3 o 4 años en el árbol, son de color verde claro cuando nuevas, con el tiempo se tornan verdes oscuros, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).



**Imagen N°5** Follaje del *Pinus radiata*

### 1.2.7. Órganos de reproducción

El pino es monoico, con vástagos floríferos masculino (microstobilli) y femenino (megastrobilli) siempre unisexuales. Los amentos masculinos están compuestos por flores esta-minadas insertas en espiral, son productores de polen. Los estróbilos femeninos se componen de escamas seminíferas y tectrices, en estas últimas y en su base se encuadra el primordio seminal donde se forman los óvulos, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).

### 1.2.8. Conos (estróbilo)

O piñas largas, muy asimétricos, oval cónicos, de consistencia leñosa, solitarios o más frecuentemente arracimados en número de 2 a 5 rodeando la rama, sésiles o cortamente pedicelados, con pedúnculo corto, curvo grueso de forma asimétrica.

Grueso en la cabeza y en el medio adelgazado hacia la extremidad, adquieren un tamaño de 5 a 15 cm. de longitud con un diámetro de 6 a 9 cm. en su parte más amplia. Las brácteas (escamas) son espesas, desiguales y leñosos, adquieren un color rojo reluciente en la parte externa, con una apófisis saliente, desarrollada y semillas de 5-8 mm, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).



**Imagen N°6** Conos del *Pinus radiata*

## 1.3. CARACTERISTICA DE LA ESPECIE

### 1.3.1. Distribución geográfica

El *Pinus radiata* D. Don, es una especie original de California en los Estados Unidos de Norte América.

Se ha introducido en Europa, Nueva Zelanda, al sudoeste de Australia, Chile, Brasil y Sudáfrica. Las mayores plantaciones están en Chile y Nueva Zelanda, donde estas exceden el 80 % de la superficie total de plantaciones.

Es importante destacar que en Chile se destruyeron importantes superficies de bosque nativo (y su fauna) por la habilitación para agricultura. El 93% de los bosques de Pino

radiata que existen en el país se ha plantado en suelos que presentaban algún grado de erosión. En las regiones del Biobío, de La Araucanía, de Los Ríos y Los Lagos, (Chile), las empresas forestales han plantado en zonas que hace 40 años fueron clasificadas como las más erosionadas del país y que hoy son plenamente productivas, CORMA (2000); citado por (Romero, 2017).

### **1.3.2. Clima**

Prefiere climas templados o cálidos, y necesita bastante humedad, aunque tolera algo de sequía estival.

Esta especie tiene su hábitat con mínimas de - 6 °C y con una media anual superior a los 10 °C. Soporta heladas siempre que no sean persistentes. Vive en ambiente húmedo, y precipitaciones comprendidas entre los 800 y 1300 mm. Anuales, no soporta sequías fuertes. La especie resiste la brisa, pero no los vientos fuertes debido a su inestabilidad radicular, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).

### **1.3.3. Suelo**

Prospera bien en suelos derivados de roca madre de diversa naturaleza.

Crece mejor en suelos livianos, los muy arcillosos y sin adecuada aireación afectan su desarrollo, y no soportan suelos mal drenados.

Esta especie prefiere suelos profundos, de 0,90 – 1 m. de profundidad, aun los pedregosos, guijarrosos, con tal que sean permeables y preferiblemente de composición areno limoso, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).

Es una especie eminentemente colonizadora, capaz de crecer en terrenos de suelos sin madurar, en evolución, formados por elementos de transporte, de muy limitado contenido de nutrientes disponibles, ácidos o salinos, o también en aquellos que un mal trato les ha hecho perder su fertilidad o en proceso de degradación, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).

#### 1.3.4. Crecimiento

En España, es considerada esta especie como de rápido crecimiento, tiene un crecimiento volumétrico máximo entre los 19 y 22 años según calidades de estación, llegando en los mejores casos hasta los 24 m<sup>3</sup> de posibilidad, siendo frecuentes posibilidades comprendidas entre los 8 y 10 m<sup>3</sup>/Ha./año.

En mediciones hechas en bosques situados en Arauco (Argentina) esta especie a los 26 años alcanza una altura media de 33 m, diámetros de 30 a 40 cm, y un incremento en volumen de 35 m<sup>3</sup>/ha/año a una densidad de 1600 árboles por hectárea, Ramos F.J. (1979); citado por (Romero, 2017).

#### 1.3.5. Regeneración y relación raíz - parte aérea

En su estado natural tiene alta capacidad de regeneración, pero con tendencia a dar una baja relación raíz-parte aérea.

Los árboles desarrollan troncos largos y copas grandes, en cambio producen sistemas radiculares escasos, cortos, superficiales aun en suelos ligeros y profundos.

Según Ramos F.J. (1979); citado por (Romero, 2017), el sistema radical es poco profundo, la raíz principal no suele pasar de los 60 cm.; raíces laterales someras e incluso al ras del suelo, en general el sistema radical es poco desarrollado en comparación con la copa.

#### 1.3.6. Patología

Las defoliaciones causadas por cualquier agente patógeno en una planta producen daños que inciden directamente en su capacidad de fotosíntesis o sea en su capacidad de elaborar alimento, los daños de este tipo son más peligrosos en este grupo de especies forestales que en frondosas. Como ejemplo tenemos los agentes patológicos más frecuentes en esta especie:

- **El damping-off.**- También conocido como "Mal o Peste de Semilleros" y con pudriciones radiculares en plantines; enfermedades foliares y de ramillas, ramas, troncos y raíces; pudriciones del duramen, y otras enfermedades causadas por diversos agentes o circunstancias generalmente no bióticas.

- **La banda roja.**-Dentro de los hongos patógenos que atacan a las acículas hay que destacar por la importancia y persistencia de sus daños a *Dothistromapini* (*D. septospora*) causante de la enfermedad de la banda roja; se denomina así a esta enfermedad por las manchas amarillo-rojizas que forman sobre las acículas de este pino al matar el hongo las células de las mismas; sobre estas manchas de células muertas hacen su aparición a los pocos meses unas fructificaciones negruzcas e irregulares del hongo que se hacen visibles en otoño y primavera dependiendo de las condiciones ambientales, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).
- **La hoja acastañada.**- El agente patógeno causante de esta enfermedad es un hongo que se denomina *Lecanostictaacicola*, pariente próximo del *Dothistroma*. Como muchos otros hongos patógenos éste tiene otra forma perfecta de presentarse que se considera más virulenta y que es conocida como *Schirriaacicola*. Normalmente esta enfermedad es muy visible a finales de invierno (en lugares de veranos húmedos estos síntomas se observan desde principio del otoño), cuando las acículas atacadas muestran esta coloración tan llamativa.
- **El chancro del pino.**- Los daños por granizo ocasionan heridas por las que ingresa este hongo; este patógeno se denomina *Sphaeropsissapinea* (*Granulodiplodiapinea*) y penetra en los tejidos de éste y de otros pinos colonizando y destruyendo las acículas, las ramillas y aún las piñas. Este hongo conocido en España por hace más de sesenta años y estudiado extensamente por J. B. Martínez, presenta cada día una mayor incidencia en las masas adultas de pino, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).

### 1.3.7. Micorrizas

Las micorrizas son asociaciones que se forman en las plantas superiores entre unos determinados hongos y las raíces de las mismas. Estas micorrizas aportan una ayuda importante a la planta tanto en la obtención de alimentos, como en la absorción del agua y aún en el combate contra otros agentes patógenos que pretenden penetrar por el

sistema radical. Son organismos simbióticos que en algunas especies de coníferas tienen una importancia trascendental en su desarrollo, hasta el punto que la única manera de obtener plántulas vigorosas es a través de su incorporación.

Son numerosas las especies de hongos que han sido reportados en asociaciones micorrizicas con *Pinus radiata*, pero de estas únicamente, *Boletusluteos* y *Cenococcum graniforme* han sido confirmados, Fundación Chile (1979); citado por (Romero, 2017).

### **1.3.8. Longevidad**

En su hábitat parece que puede llegar hasta los 150 años, si bien no se puede asegurar su plena vitalidad hasta tal edad, en los lugares en que se ha introducido, las masas se aprovechan a turnos más cortos, que no pasan de los 40 años cuando se quieren obtener piezas de grandes escuadrías, siendo frecuente en el caso de desearse productos papeleros, aprovecharlos en turnos comprendidos entre los 10 y 15 años de edad, Ramos F.J. (1979); citado por (Romero, 2017).

### **1.3.9. Características de la madera**

La madera del *Pino radiata* presenta la siguiente descripción organoléptica:

**COLOR:** Albura de color blanco, con transición gradual a duramen de color amarillo pálido luego a marrón muy pálido.

**OLOR:** Característico a madera resinosa, fragante cuando fresca.

**SABOR:** Ausente o no distintivo.

**BRILLO:** Mediano.

**GRANO:** Recto.

**TEXTURA:** Fina.

**VETEADO:** Suave con líneas longitudinales oscuras.

Presenta anillos de crecimiento muy notorios y anchos, con paso gradual entre madera de primavera y verano. No se agrieta ni tuerce con cambios de humedad y seca fácilmente. Su peso específico es de 0,49 Kgr/m<sup>3</sup>; contracción radial 2,4, tangencial 3,8 y volumétrica 6,5; módulo de rotura 685 Kgr/cm<sup>2</sup> (flexión estática) y 370 Kgr/cm<sup>2</sup> compresión axial; dureza normal a la fibra 218 Kgr/cm<sup>2</sup>. (Torre Ojeda H. 1971).



### **1.3.10. Usos principales de la madera**

La madera de *Pinus radiata* D. Don, es apta para una infinidad de usos, por su poco peso y facilidad de trabajar se la emplea en estructura y fabricación de vigas laminadas, por su color blanco y ausencia de olores indeseables se utiliza en embalajes: por la facilidad con que se la puede preservar se la emplea en la fabricación de postes.

Por el largo de su fibra es un excelente material para la fabricación de pasta mecánica y química (papel, celulosa) y tableros de partículas. Se emplea también para revestimiento de interiores y exteriores, como madera terciada, etc.

En varios países, incluyendo Chile, se confeccionan durmientes para vías de ferrocarril con maderas nativas cada vez más escasas, en circunstancias que se ha comprobado que la madera de pino convenientemente impregnada puede cumplir el mismo objetivo, con resultados óptimos e incluso superiores. VINEZA M. (2013).

### **1.4. CARACTERISTICAS EDAFO-CLIMATICAS**

<b>Altitud:</b>	1.800 – 3.500 msnm.
<b>Precipitación:</b>	800 – 1.300 msnm
<b>Temperatura:</b>	11 – 17 °C

### **1.5. PLANTACIONES DE LA ESPECIE *Pinus radiata* D. Don**

Chile ocupa el segundo lugar entre los países cultivadores de pino. Este pino entro al cultivo a la provincia de Concepción, introducido equivocadamente por la Compañía Carbonera de Lota, con la finalidad de producir madera de mina. Por tanto, la crisis de la industria salitrera obligo al país a buscar nuevas fuentes de actividad y la forestación a base de pino radiata, fue una meta que ha llenado sin duda alguna, dentro de la estructura económica de la nación, el vacío que origino la falta de mercados para el salitre, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).

Pero con la implantación de monocultivos de *Pinus* y *Eucaliptus* se comenzaron a manifestar problemas como los que citamos a continuación.

- ✓ En Chile, en la Cordillera de la costa de la región de Biobío, el *Pinus radiata* ha remplazado extensas áreas de vegetación nativa produciendo alteraciones en las reservas de agua del suelo, especialmente en zonas de menor pluviometría, resultados similares han sido observados por Smith, Holmes, Colville, Allison y Hughes, de la misma especie en Australia, José J. Vidal (1962); citado por (Romero, 2017).
- ✓ Sobre todo, los monocultivos de *Eucaliptus* y *Pinus* presentan un peligro extremo de incendio, tanto la madera como las acículas y las piñas son de rápida combustión, y la resina es altamente inflamable.
- ✓ Los monocultivos de *Eucaliptus* y *Pinus* tampoco pueden cumplir la función de refugio para la flora y fauna, de modo que luego de analizar muchos estudios, la FAO llega a la conclusión que los monocultivos de especies arbóreas exóticas representan los ecosistemas forestales más pobres en especies que existen. Lo anterior no solo se refiere a los microorganismos del suelo (Micro flora y micro fauna): lo que más llama la atención de estas plantaciones es la escasa avifauna como resultado de la deficiente diversidad de alimentaria en las plantaciones mono culturales, llegándose a denominar a estos bosques silenciosos.

En Chile llegaron a determinar las distancias apropiadas en plantaciones de *Pinus radiata* para diferentes fines, por ejemplo, podemos citar las siguientes:

**CUADRO N°1: Distanciamiento de la plantación**

OBJETIVO	DISTANCIAS m.	DENSIDAD arb/ha
<b>Madera aserrada</b>	max. 2.5 x 2.5	1600
	min. 2.0 x 2.0	2500
<b>Pulpa</b>	max. 2.0 x 2.0	2500
	min. 1.5 x 1.5	4444

(Suplemento Chile – Forestal. 1986)

## **1.6. PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO**

Las parcelas permanentes de muestreo (PPM), son una herramienta para el manejo e investigación de la dinámica de los bosques naturales (en su estado natural y bajo intervención). Los datos que se obtiene de la instalación de las PPM's, como crecimiento y producción, tiene implicaciones directas para el manejo forestal y así tomar decisiones en el corto, mediano y largo plazo, para invertir en dicha actividad. La información que se obtiene por lo general es usada para construir, mejorar o actualizar los cálculos, en cuanto a la dinámica del bosque en su estado natural e intervenida para mejorar su estructura. BOLFOR, (1999).

## **1.7. CONSIDERACIONES BASICAS DE LAS PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO**

### **ANTECEDENTES**

De acuerdo a la información obtenida, se han instalado Parcelas Permanentes de Muestreo en diferentes zonas, en Bolivia y en otros países. Podemos citar:

El Bosque Experimental Elías Menesses, cuyo objetivo estaba enfocado hacia el impacto que podía provocar un aprovechamiento forestal, en este ejemplo la forma y tamaño de las parcelas fueron de 100 x 100 m.

En las zonas de Trancas-Lomerío, parcelas de 20 x 50 m, el objetivo:

- Proporcionar información acerca de cambios en el número, tamaño y especies del bosque (Claros – Licona, 1995).

Región Sud Oriental de Bolivia, especialmente en el Chaco y la Chiquitania, objetivo:

Identificación, clasificación, distribución, estudio morfológico, fenológico y del hábitat del género *Schinopsis* sp (Convenio MDSMA, 1995).

En Guatemala instalaron PPM con el objetivo de estudiar la dinámica de los Bosques Petenero para obtener resultados sobre incrementos de los árboles que conforman estos bosques, (Pinedo, 1997).

No estamos seguros si son todas las que se hicieron así que no podemos indicarlo como si fueran únicas.

Esto demuestra la importancia del estudio de las PPM, más aún si el estudio está enfocado hacia el análisis de la dinámica de bosque; por esta razón es fundamental tener en nuestro país una red de PPM representativas de nuestros bosques para tomar decisiones acertadas sobre el manejo de los mismos.

### **1.7.1. Tamaño de las parcelas permanentes de muestreo**

Según Synnot (1991), menciona que el tamaño de las parcelas es una situación particular, que dependerá de los objetivos trazados, de la precisión requerida, de la variabilidad del bosque y de los costos actuales y futuros.

Malleux (1992), indica que cuanto más grande sean las unidades dentro de cada una de ellas, existirá mayor variabilidad, la que es reducida entre las unidades de muestreo. Sin embargo, cuanto más pequeñas sean las unidades, se pueden escoger mayor número de ellas, consecuentemente el número de grado de libertad es alto y se puede obtener resultados con un bajo error de muestreo. La variabilidad dentro de una parcela pequeña es reducida.

### **1.7.2. Forma de las parcelas permanentes de muestreo**

Actualmente la forma adoptada para las PPM es cuadrada, con dimensiones máximas de 100 x 100 metros de lado, es decir, no mayor a una hectárea, pues así lo recomienda la Norma técnica N°248/98. Sin embargo, en otros estudios se aplicaron PPM rectangulares como en el caso de lomerío (Claros – Liconsa, 1995).

### **1.7.3. Subdivisión de las parcelas permanentes de muestreo**

Durante el trabajo de campo se requiere unidades de registros, cuadrados o subparcelas pequeñas de manera que cada árbol se pueda encontrar fácilmente y permita verificar e identificar la información y posición de cada árbol las subdivisiones, permiten submuestrear o seleccionar aquellos arboles más prometedores que estén uniformemente distribuidos en la parcela permanente de muestreo (Synnot, citado por Claros – Liconsa, 1995).

## 1.8 ASPECTOS DASOMETRICOS

### 1.8.1. Diámetro

El grosor de un árbol se describe tradicionalmente por los siguientes parámetros: diámetro de referencia, circunferencia de referencia, área basal.

En árboles en pie, este diámetro o circunferencia se mide a una altura de 1,30 m del suelo para arboles sin aletones, y también para arboles con aletones de menos de 1 m altura del suelo.

El diámetro normal se denomina DAP diámetro a la altura del pecho y a la circunferencia medida a la misma altura se le denomina CAP circunferencia a la altura del pecho, IICA, (1976); citado por (Romero, 2017).

### 1.8.2. Área basal

La medición de áreas es importante en Dasometria y el manejo de bosques para calcular mucho de los parámetros tales como área basal y volumen que son aplicable para la elaboración de tablas de volumen y de rendimientos, cálculos de incrementos, etc. (Tapia, 1979).

Por lo tanto, el área basal es la superficie de una sección transversal del tronco del individuo a determinada altura del suelo, expresado en metros cuadrados por unidad de superficie. Puede interpretarse este valor como la dominancia en el rodal y permite medir la capacidad productiva del sitio (volumen). BOLFOR. 1999.

La fórmula para calcular el área basal es la siguiente:

$$AB = \pi/4 * (DAP)^2$$

Donde:

AB= Área Basal en m<sup>2</sup>

DAP= Diámetro a la altura del pecho en m.

II= Constante igual a 3.1416

### 1.8.3. Volumen

Según Tapia (1979), uno de los usos más importantes que se le puede dar a la teoría de las interrelaciones en 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 base de fórmulas volumétricas empleadas normalmente en las ciencias forestales (Tapia, 1979).

$$V = AB * HC * FF$$

**Donde:**

V= Volumen en  $m^3$

AB= Área Basal en  $m^2$

HC= Altura comercial en mts.

FF= Coeficiente mórfico = 0.65

## 1.9. DISEÑO DE MUESTREO

Las parcelas permanentes de muestreo pueden distribuirse enteramente al azar a través del bosque. En diseños aleatorios restringidos o estratificados de acuerdo a un diseño sistemático. Se requiere de una distribución aleatoria para poder tener límites de confianza valederos de los estimados (Synnot 1991).

### 1.9.1. Muestreo al azar

Es una recopilación práctica de las leyes de la probabilidad. Si la sección de las unidades de muestreo es hecha completamente al azar, no solo se está realizando un muestreo libre de parcialización, sino que se puede hallar la exactitud del muestreo. De esta manera las PPM pueden distribuirse enteramente al azar a través del bosque (Dauber, 1995)

### **1.9.2. Muestreo sistemático**

Es un método normalmente aplicado en los muestreos forestales, utiliza fajas o una red para colocar parcelas en el terreno comenzando de un punto fijo, procediendo por intervalos constantes y rumbos predeterminados (Dauber, 1995).

### **1.9.3. Muestreo por bloques**

En el muestreo por bloques el bosque está dividido por bloques de igual tamaño y de cada bloque se saca la misma cantidad de unidades de muestreo al azar (Dauber, 1995).

### **1.9.4. Muestreo estratificado**

Es una zonificación del bosque sobre la base de la fotointerpretación estereoscópica o imágenes satelitales considerando la densidad del bosque, la altura de los árboles, la fisiografía de la zona, y el drenaje del suelo (Dauber, 1995).

## **1.10. UBICACIÓN DE LAS PARCELAS**

La ubicación de las parcelas se debe determinar inicialmente en el mapa de acuerdo a coordenadas geográficas y luego ubicarlas en el terreno estos puntos deben estar bien marcados en el mapa y señalizados en el terreno (Synnott 1991).

## **1.11. DEMARCACION PERMANENTE DE PARCELAS**

Demarcar el perímetro de las parcelas usando cintas métricas y brújula.

Preferentemente con rumbos de (N – S) (W – E), y realizar las correcciones en las pendientes para la distancia (Synnott, 1991).

A la vez deberá llevar estacas en las 4 esquinas de las parcelas y en las entradas a cada parcela de esta manera ser exactamente relocalizados en el futuro (Synnott 1991).

### **1.11.1. Numeración de los arboles**

Los números son sumamente útiles durante las mediciones, especialmente cuando hay confusión entre arboles de dimensiones similares. Es preferible poner la numeración a

una altura constantes sobre el punto de medición, donde sean claramente visibles y ayuden a definir el punto de medición (Synnott 1991).

Cada número de árbol debe ser único en su cuadrado. Si un árbol muere su número nunca se deberá usar de nuevo en ese cuadrado, si un árbol pasa de una categoría se le debe asignar un número que no se haya utilizado antes (Synnott 1991).

### **1.11.2. Altura**

Desde el punto de vista de la evaluación de plantaciones forestales, interesa medir las siguientes alturas de árboles, según el caso:

- ✓ Altura total
- ✓ Altura de fuste limpio

Se entiende por altura total la longitud perpendicular al suelo existente entre la base del árbol y la yema terminal del mismo. Esta determinación tiene especial valor en inventarios continuos para establecer patrones comparativos.

La altura de fuste limpio es la longitud vertical existente entre el nivel del terreno y aquella porción de fuste donde se inicia la inserción de los verticilos o ramas que constituyen la copa del árbol.

El conocimiento de la altura, a nivel de diferente grado de desglose (Por estrato, por especie, por área, etc.) da una valiosa perspectiva de la estructura de una masa forestal, IICA, (1976); citado por (Romero, 2017).

### **1.11.3. Calidad del fuste**

**1.- Forma:** Cada especie tiene una forma típica de desarrollo (factor hereditario), sin embargo hay factores que afectan notablemente la forma de los fustes, como condiciones ambientales, nutrientes, etc.

Se los clasificaran en las siguientes categorías:

1. Liso
2. Curvado



3. Retorcido y Nudoso.

**2.- Sanidad:** Es importante anotar daños provocados por insectos, hongos y otros agentes patógenos, de acuerdo a la siguiente clasificación:

1.-Sano

2.-Enfermo

IICA, (1976); citado por (Romero, 2017).

La calidad de fuste se determina en función de la forma y sanidad que presentan diferenciándose 3 calidades:

- ✓ **Calidad 1:** Sano y recto sin ningún signo visible de defectos
- ✓ **Calidad 2:** Con señales de ataque de hongos, pudrición, heridas, curvatura, crecimiento en espiral y otras deformaciones.
- ✓ **Calidad 3:** Curvado y efectos graves en su estructura, posiblemente útil para leña.

IICA, (1976); citado por (Romero, 2017).

#### **1.11.4. Posición de los arboles**

La información de la posición de los arboles define la ubicación de cada árbol respecto a otros árboles y a los límites de la parcela. Esta información es muy valiosa para relocalizar cada árbol en las mediciones sucesivas (Synnott 1991).

#### **1.11.5. Posición de copa**

Dawkins (1958) citado por Bolfor (1999). Encontró que la clasificación de posición de copa estaba más correlacionada con los incrementos árbol por árbol que ninguna otra medida del ambiente. Dawkins desarrollo un sistema para clasificar posiciones de copa basados en 5 puntos. BOLFORD (1999) clasificado en forma ordinal.

1. Completa luz vertical y lateral.
2. Completa luz vertical.
3. Cierta luz vertical

4. Cierta luz lateral.
5. Sin luz directa.

### **1.11.6. Forma de la copa**

Dentro de la población de cualquier especie, el aspecto o calidad de la copa en relación con el tamaño y estado de desarrollo del árbol esta correlacionado con el incremento potencial. Dawkins (1963) citado por Synnott (1991). Explica la clasificación de la copa propuesta por el como un “índice de calidad”, siendo su valor dependiente de la historia pasada y que tal vez indica su potencial futuro y clasifico en cinco puntos: 5 perfecto, 4 bueno, 3 tolerable, 2 pobre y 1 muy pobre o muerto.

BOLFOR (1999) clasificándolo en forma ordinal de 1 – 5.

1. Perfecto, forma ideal, copa amplia y simétrica.
2. Buena, casi perfecta.
3. Tolerable poca satisfactoria asimetría notable.
4. Pobre, copa degenerada, suprimida gran parte de las ramas.
5. Muerto, carece de copa.

## **1.12. PARAMETROS ESTADISTICOS**

### **1.12.1. Media Aritmética**

La media aritmética es la medida de posición más conocida y empleada en la práctica, la media aritmética es una medida de tendencia central, que se define como la suma de todos los valores dividido por su número.

$$\bar{X} = \sum Xi/n$$

Donde:

$X_i$ = Valor observado de la unidad

$n$  = Número de unidades en la muestra

$\Sigma$  = Significa que hay que sumar las “ $n$ ” de los valores “ $x$ ” en la muestra.

### 1.12.2. Varianza

La varianza es una medida de dispersión más precisa y de mayor uso en la práctica, la varianza se define como la media aritmética de los cuadrados de las diferencias de los valores de la variable con respecto a su media. Simbolizando con la letra  $S^2$ , su fórmula para una variable cuyos valores no se repiten es la siguiente:

$$S^2 = \frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Donde:

$S^2$  = Varianza

$\sum Xi$  = Suma de los valores todas las mediciones individuales

$\sum \bar{X}$  = Media Aritmética

n = Número de unidades

### 1.12.3. Desviación estándar

Otra medida de dispersión muy empleada es la desviación estándar o desviación típica. La desviación estándar se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza.

Esta medida resulta en la práctica más cómoda y por ello más dificultoso para expresar  $A = \pi r^2$  de los individuos de una población están próximos a la media o disperso con respecto a la misma.

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

Donde:

S = Desviación estándar

n-1 = Grados de libertad

$\bar{X}$  = Media aritmética

$Xi$  = Valores observados de la unidad

#### 1.12.4. Valor Máximo

Normalmente es utilizado para definir el máximo valor de un conjunto de datos, por ejemplo, para área basal o para volumen (Cantore, s.f.)

#### 1.12.5. Valor Mínimo

Se emplea para ubicar el mínimo valor de un conjunto o lista de datos, en el presente trabajo se utilizara para el área basal como para el volumen (Cantore, s.f.)

#### 1.12.6. Coeficiente de varianza

Se llama coeficiente de varianza al cociente de la desviación estándar maestra entre su media aritmética.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Donde:

CV= Coeficiente de varianza

S= Desviación estándar

$\bar{X}$ = Media aritmética

### 1.13. MODELO DE CRECIMIENTO

El crecimiento es el incremento gradual de un organismo, población u objeto en un determinado periodo de tiempo. El crecimiento acumulado hasta una edad determinada representa el rendimiento a esa edad. El crecimiento de los árboles está influenciado por sus características genéticas y su interrelación con su medio ambiente. Por ejemplo, el diámetro alcanzado en un punto determinado del tiempo está en función de la edad  $dap = F(t)$ ; representada en forma gráfica, produce la curva de desarrollo en diámetro. Esta curva tiene una forma típica asemejada a una S extendida o símbolo de la integral. La dimensión total (crecimiento acumulado) alcanzada en un momento del tiempo determinado es igual a la sumatoria de todos los crecimientos anuales.

$$y = ax^3 + bx^2 + cx - d$$

De esta función se obtendrá la primera y segunda derivada para obtener el primer punto crítico que indicará el tiempo óptimo de crecimiento. Esto significa que a partir de esa edad la plantación requiere raleo.

Remplazando este valor (edad de raleo) en la ecuación original se obtendrá el DAP que deberían tener los arboles a ser sometidos a raleo.

Otros puntos críticos corresponden a:  $X_{max}$  = tiempo máximo de crecimiento y  $X_{min}$  = Tiempo de establecimiento de la plantación.

Para su análisis, se deberá trabajar con la primera derivada que es una función de segundo grado, que arrojará dos valores para la variable X, que representan a los dos tiempos buscados.

Para determinar el DAP se reemplaza estos valores de X en la ecuación original de 3° grado.

Analizando esta curva se puede identificar puntos críticos, como ser a partir de qué año se puede decir que la plantación está establecida y comienza su crecimiento, asimismo el punto de inflexión que indica la máxima competencia intraespecífica para realizar el raleo. La metodología establece el uso de ecuaciones polinómicas de 3° grado, cuando se trata de espaciamientos regulares como el caso de la presente investigación.

PRODAN, (1997).

## CAPITULO II

### DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

#### 2.1. TURUMAYO

La comunidad de Turumayo se encuentra ubicada en el Departamento de Tarija, Provincia Cercado, ubicada en el distrito 15 a 9 kilómetros del departamento de Tarija entre los paralelos  $64^{\circ} 45' 45''$  -  $64^{\circ} 57' 40''$  de longitud oeste y  $21^{\circ} 32' 45''$  -  $21^{\circ} 40' 45''$  de latitud sur.

El distrito 15 limita al Norte con la ciudad de Tarija y la provincia Méndez, al Este con el distrito 16 (Cantón Tolomosa) al Sur y al Oeste con la Provincia Avilés.

Políticamente la Provincia Cercado se encuentra dividida en 11 cantones, veintiuno distritos y 66 comunidades.

La comunidad de Turumayo en el Cantón Lazareto se encuentra distante de la ciudad de Tarija aproximadamente a 9 Km. sobre al camino Tarija – San Andrés.

**TABLA N°1 Coordenadas de la zona de estudio:**

<b>PARCELA 1</b>		
<b>COORDENADAS UTM WGS 84</b>		
<b>NAME</b>	<b>POINT_X</b>	<b>POINT_Y</b>
<b>1</b>	310598	7610168
<b>2</b>	310648	7610169
<b>3</b>	310649	7610119
<b>4</b>	310599	7610118
<b>5</b>	310598	7610168

**Superficie:** 0,7 ha. – 7133,4 m<sup>2</sup>

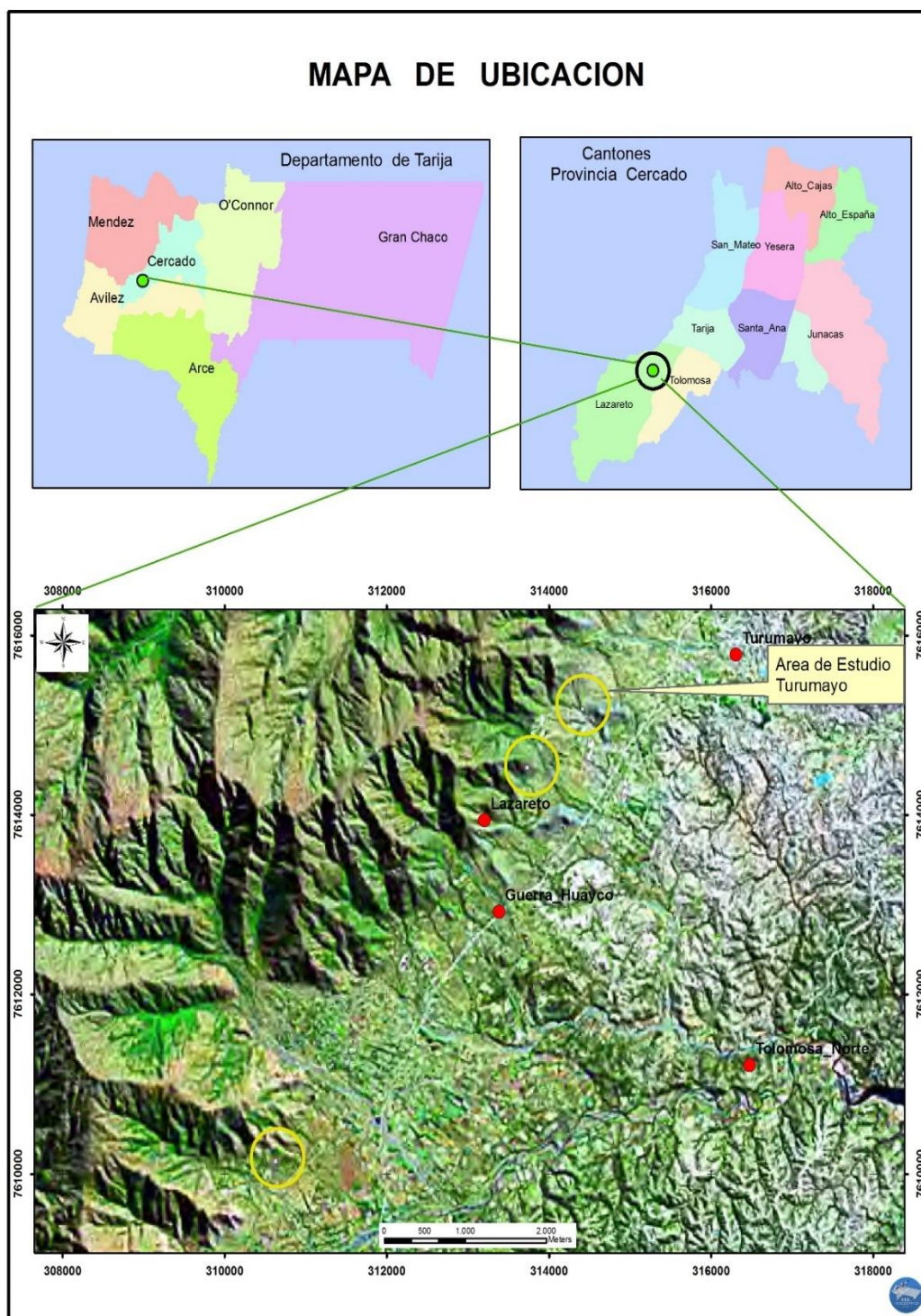
<b>PARCELA 2</b>		
<b>COORDENADAS UTM WGS 84</b>		
<b>NAME</b>	<b>POINT_X</b>	<b>POINT_Y</b>
<b>1</b>	313700	7614553
<b>2</b>	313750	7614555
<b>3</b>	313751	7614504
<b>4</b>	313701	7614503
<b>5</b>	313700	7614553

**Superficie:** 5,4 ha. – 54794,8 m<sup>2</sup>

<b>PARCELA 3</b>		
<b>COORDENADAS UTM WGS 84</b>		
<b>NAME</b>	<b>POINT_X</b>	<b>POINT_Y</b>
<b>1</b>	314389	7615161
<b>2</b>	314390	7615207
<b>3</b>	314432	7615208
<b>4</b>	314433	7615159
<b>5</b>	314389	7615161

**Superficie:** 1,2 ha. – 12343,9 m<sup>2</sup>

## MAPA N°1 Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia 2018



## 2.2. ASPECTOS BIOFÍSICOS

### 2.2.1. Clima

Las lluvias en el área de estudio como en toda la cuenca del río Tolomosa se concentran entre los meses de octubre a marzo, siendo prácticamente nulas en los meses de mayo a septiembre. La cantidad de lluvia anual presenta diferencias dependiendo de su ubicación respecto a la cordillera. Las observaciones de la estación pluviométrica de Turumayo, registra una media de 793,4 mm de precipitación.

El periodo seco se inicia en el mes de mayo y concluye en septiembre los caudales mínimos se presentan en el mes de septiembre y octubre. Las temperaturas medias anuales son del orden de los 18,7 °C en las partes más bajas y 13°C en la parte media de la serranía. La ocurrencia de heladas se presenta en los meses de abril a septiembre.

Las granizadas se registran generalmente en los meses de septiembre a diciembre. En los meses de julio a octubre se dan las mayores velocidades del viento, que generalmente son del orden de 10 a 20 nudos, presentándose excepcionalmente vientos que alcanzan los 50 nudos (90 km/hora).

La interpretación de datos registrados permite expresar las siguientes características:

Precipitación medio anual	793,4 mm
Temperatura media anual	18,7°C
Temperatura máxima extrema anual	40,0°C
Temperatura mínima extrema anual	-2,0°C
Evaporación medio anual	3.28 mm

## CUADRO N°2

RESUMEN CLIMATOLÓGICO														
Período Considerado: 1999 - 2016														
Estación: TURUMAYO												Latitud S.: 21° 33' 24"		
Provincia: CERCADO												Longitud W.: 64° 46' 42"		
Departamento: TARIJA												Altura: 1.978 m.s.n.m.		
Índice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	26,8	26,7	26,4	25,9	24,7	24,9	25,1	26,9	27,2	27,6	27,4	27,5	26,4
Temp. Min. Media	°C	14,6	14,5	14,2	11,8	7,0	4,1	3,3	5,3	7,9	12,7	13,3	14,7	10,3
Temp. Media	°C	20,7	20,6	20,3	18,8	15,9	14,5	14,2	16,1	17,5	20,2	20,4	21,1	18,4
Temp.Max.Extr.	°C	37,0	37,0	37,5	37,0	37,0	35,0	37,0	38,0	39,5	40,0	38,0	38,0	40,0
Temp.Min.Extr.	°C	8,0	8,5	6,0	-1,5	-4,0	-8,0	-9,0	-5,0	-2,5	2,0	3,0	5,0	-9,0
Días con Helada		0	0	0	0	1	5	7	4	1	0	0	0	17
Humed. Relativa	%	71	73	74	72	66	58	56	57	59	63	65	71	65
Nubosidad Media	Octas	5	5	5	4	3	3	3	3	3	4	4	5	4
Evapo. Media	mm/día	3,88	3,37	2,99	2,56	2,15	2,13	2,38	3,30	3,95	4,14	4,61	3,95	3,28
Precipitación	mm	169,6	159,7	122,9	25,4	3,7	1,4	0,6	2,1	10,4	52,0	95,5	150,1	793,4
Pp. Max. Diaria	mm	99,0	102,1	80,8	24,0	12,0	5,5	4,2	7,0	28,0	62,0	61,5	71,5	102,1
Días con Lluvia		14	13	11	5	1	1	0	1	2	7	10	13	79
Velocidad del viento	km/hr	8,5	7,8	8,4	8,1	8,4	8,2	8,5	9,0	9,6	9,4	8,9	8,8	8,6
Dirección del viento		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Fuente: SENAMHI 2016

### **2.2.2. Geología, geomorfología y suelos**

Geológicamente corresponde a la provincia fisiográfica de la Cordillera Oriental, caracterizada por su aspecto masivo fuertemente disectada con rumbo norte-sur. En general las rocas constituyentes fueron fuertemente plegadas y deformadas, falladas y tectonizadas como consecuencia de los eventos geológicos a las que estuvieron sometidas, una de las peculiaridades de este tipo de procesos es la presencia de planicies. ZONISIG (2001).

### **2.2.3. Serranía baja fuertemente disectada**

Este paisaje se ubica en las laderas de la serranía, formando parte de los sitios Lazareto y el sector noreste del sitio Guerrahuayco, alcanzando alturas entre los 2100 y 2800 msnm, caracterizando un clima frío semihúmedo, con pendientes mayores al 60%. Los suelos en cuanto a su profundidad son muy variables siendo los dominantes moderadamente profundos a profundos, con poco afloramiento rocoso, la pedregosidad varía de moderada a muy pedregosos, con presencia de erosión en surcos de grado moderno, ZONISIG (2001).

### **2.2.4. Vegetación Matorral denso medio a alto, mayormente caducifolio, semideciduo, montano.**

Unidad de vegetación que se halla formando parte del sector sud del sitio Lazareto, al oeste de Turumayo.

Este matorral cubre un paisaje de laderas de colina medias y serranías bajas, escarpadas a muy escarpadas, moderadamente disectadas a muy disectadas, la latitud aproximadamente varía de 2.060 a 2.400 msnm, tiene clima frío semihúmedo.

Matorral, semidenso a denso, compuestos por thola grande (*Baccharis dracunculifolia* De Candolle) y thola (*Eupatorium bunniifolium* Hooker e Arnott), también acompañan la chacatea (*Dodonea viscosa* (L.) Jacq), Salvia grande (*Lepichinia gravelolens* (Regel) Epling). En el estrato herbáceo corresponde a un pajonal formado por paja (*Elyonurus muticus* (Sprengel) Kuntzei), llantén (*Plantago sp.*) y otras, (ZONOSIG, 2001).

**Tabla N° 2 Composición Florística de Turumayo**

<b>NOMBRE VULGAR</b>	<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>FAMILIA</b>
<i>Vira vira</i>	<i>Gamochaeta sp.</i>	ASTERACEAE
<i>Vila Vila</i>	<i>Solanum sisymbriifolium Lamarck</i>	SOLANACEAE
<i>Hierba viborita</i>	<i>Sarcostemma lysimachioides</i>	ASCLEPIADACEA
<i>Arnika pegajosa</i>	<i>Senecio crepidifolius De Candolle</i>	ASTERACEAE
<i>Coto coto,</i> <i>hediondilla chica</i>	<i>Solanum claviceps Griseb.</i>	SOLANACEAE
<i>V Saitillita, flor</i> <i>amarilla</i>	<i>Schkuria multiflora Hooker et</i> <i>Arnott</i>	ASTERACEAE
<i>Helecho cuervito</i>	<i>Anemia tormentosa (Sav.) Swartz</i>	SCHIZAEACEAE
<i>Paja amarga,</i> <i>morada</i>	<i>Elyonurus muticus (Spreng) Kuntze</i>	POACEAE
<i>Pasto</i>	<i>Eragrostis sp.</i>	POACEAE
<i>Thola cerreña, thola</i>	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	ASTERACEAE
<i>Prementina, thola</i>	<i>Eupatorium bupleurifolium</i>	ASTERACEAE
<i>Chacatea, abrojo,</i>	<i>Dodonaea viscosa (L.) Jacq.</i>	SAPINDACEAE
<i>Churqui negro</i>	<i>Acacia caven (Mol.) Hook. Arn.</i>	MIMOSACEAE
<i>Molle</i>	<i>Schinus molle L.</i>	ANACARDIACEAE

**Fuente:** ZONISIG (2001)

## 2.3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

### 2.3.1. Población y vivienda

Por proyecciones del INE (2012), la población total de la cuenca de Tolomosa es de 8.997 habitantes distribuidas en 11 cantones siendo los más poblados e importantes desde el punto de vista de la producción agrícola, los cantones de Turumayo, Guerra Huayco, San Andrés, Tolomosa Grande, Pampa Redonda y Tablada Grande.

La comunidad de Turumayo se encuentra ubicado en el Distrito de Lazareto.

La población de acuerdo al censo INE, (2012), de la comunidad de Turumayo cuenta con 2900 habitantes y con 1052 viviendas correspondiente al Distrito Lazareto.

### CUADRO N°3

POBLACIÓN DE TURUMAYO						
COMUNIDAD	SEXO				TOTAL	
	MASCULINO		FEMENINO			
	N°	%	N°	%	N°	%
<b>Turumayo</b>	1200	41,37	1700	58,62	2900	100

Fuente: INE, 2012

### 2.3.2. Roles de los miembros de la familia

Los miembros de las familias tienen diferentes roles de trabajo dentro de la misma familia como así en la comunidad, se estima que el 77.34 % de la población trabaja efectivamente en las actividades productivas, con igualdad de responsabilidad entre hombres y mujeres, incluyendo la participación de niños/as desde los 7 años de edad, dada la cantidad de jornales y dedicación que requieren las actividades agropecuarias.

Al margen de estas tareas, las mujeres asumen otros roles específicos, desde las labores de casa, cuidado de animales y procesamiento de productos post cosecha, mientras que los hombres toman la responsabilidad de la siembra, comercialización de productos,

mantenimiento de la infraestructura productiva (tierra y riego) y la realización de trabajos comunitarios de interés colectivo para la comunidad.

### **2.3.3. Emigración e inmigración**

En la Comunidad de Turumayo un 80% de la población joven migra de manera Temporal, es decir se traslada a centros de mayor actividad económica al interior y exterior del país en busca de trabajo con la finalidad de generar ingresos adicionales para el presupuesto familiar, principalmente a la ciudad de Tarija y la República Argentina. Los miembros de edad más avanzada, en las familias, no salen de la comunidad, estas se dedican a la agricultura y crianza de ganado en la medida de sus posibilidades (Vacuno, ovino, porcino y aves de corral)

Según los pobladores de la zona, en los últimos 3 años después del Censo 2012 del INE, ha existido un porcentaje mínimo de crecimiento poblacional.

### **2.3.4. Uso de la tierra**

La actividad principal es el pastoreo extensivo en matorral xeromórfico de sustitución con ganado bovino, el pastoreo y ramoneo extensivo permanente afecta la cobertura vegetal disminuyendo el grado de protección del suelo, originando procesos de degradación de la tierra por la erosión hídrica del suelo en forma laminar y cárcava presenta una superficie de 1049 ha 33 % y seguido por Pastoreo extensivo con ganado bovino con 542 ha haciendo el 17 % y de menor proporción en cuanto a superficie la agricultura intensiva con cultivos anuales y perennes con un 15 % y 542 ha.

El 18% de la comunidad de Turumayo se dedican a la agricultura y sus principales cultivos son: papa, arveja, maíz p/ choclo, avena para forrajeras, hortalizas.

### **2.3.5 Vías de acceso**

La comunidad de Turumayo está comunicada con Tarija con un camino asfaltado en condiciones buenas, con una longitud aproximada de 9 km.

El transporte público desde Tarija a la comunidad de Turumayo es continuo, a través de Micros y camionetas todos los días, siendo el lugar de salida de la ciudad de Tarija el puente San Martín, INE, (2012)

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. MATERIALES**

Para el presente estudio se utilizaron diversos materiales y equipos, para la etapa de campo y posteriormente de gabinete, los cuales se dan a conocer a continuación:

##### **3.1.1. Materiales de campo:**

- GPS. (Global Positioning System)
- Brújula
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica
- Cinta diamétrica (cm)
- Unidades de estacas y jalones
- Hipsómetro
- Baterías
- Clinómetro
- Tablero para planillas
- Planillas
- Cintas color rojo
- Pintura color rojo y Blanco
- Machete

##### **3.1.2. Materiales de gabinete:**

- Mapa base
- Equipo y programas de computación



- Máquina de calcular
- Material de escritorio

### **3.2. METODOLOGIA**

Los datos se obtuvieron de Parcelas permanentes de muestreo que fueron establecidas en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, localizadas en la Comunidad de Turumayo. Para la investigación se evaluaron tres rodales de 4, 5 y 13 años.

#### **3.2.1. Forma de la parcela permanente de muestreo**

Para realizar la instalación de la parcela se llegó a utilizar un GPS, con el que se determinaron las coordenadas en el punto de partida del levantamiento de la información, donde se ubicaron estacas permanentes para su localización.

Se instalaron parcelas cuadradas de media ha (50 x 50 m), las cuales se dividieron en 25 subparcelas de (10 x 10 m).

#### **3.2.2. Características de las parcelas permanentes de muestreo (PPMs)**

Las parcelas instaladas tienen las siguientes características:

- a) Tiene una extensión suficiente de (50 x 50 m) para tomar datos de la plantación con comodidad y para realizar mediciones posteriores.
- b) Tiene forma cuadrada.
- c) Los límites fueron marcados en forma permanente, por medio de estacas y jalones.
- d) Todos los arboles medidos, fueron numerados y georreferenciados.

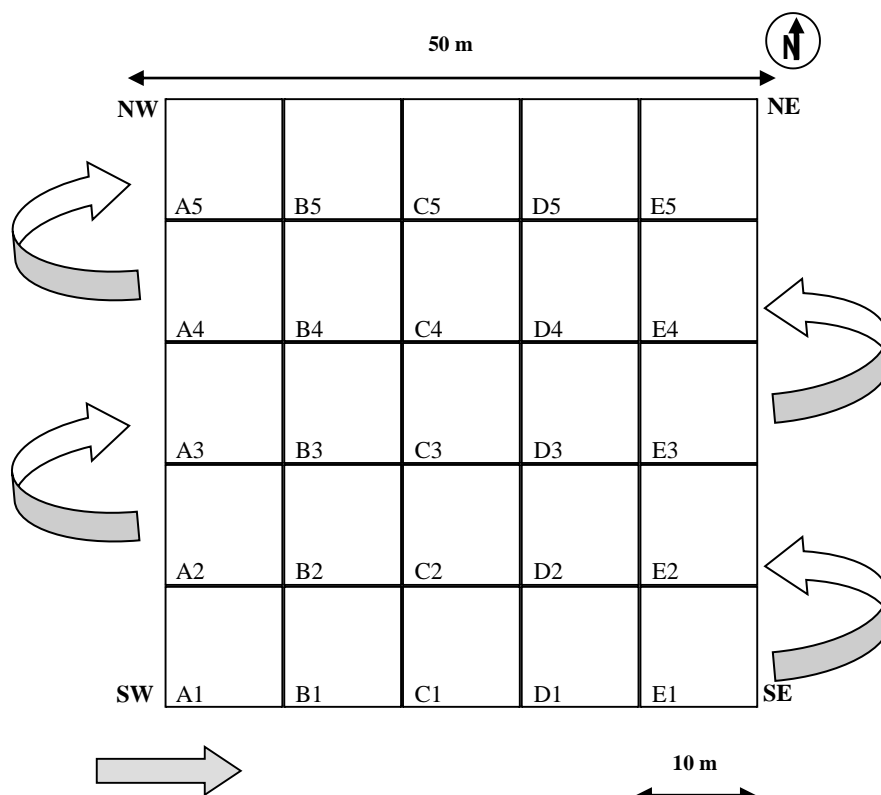
#### **3.2.3. Diseño de muestreo**

### a) Muestreo al azar

El diseño de muestreo utilizado para este trabajo fue al azar para lo cual se procedió a la realización de bolillos sorteándose primeramente la faja luego las picas donde fueron ubicadas las respectivas parcelas de muestreo.

### b) Instalación de parcelas permanentes de muestreo

Mediante la siguiente metodología se realizó a la instalación de las PPMs.



Se ubicó el punto de inicio, con vértice SW (sud oeste) con la ayuda de una brújula, eclímetro, cinta métrica y jalones, donde se procedió a la delimitación de la parcela.

A partir del punto 0;0 se trazó dos picas, uno con rumbo Este y otra con rumbo Norte hasta alcanzar los 50 metros, sobre las picas se dejaron estacas cada 10 metros con un pedazo de cinta de color rojo, amarrado en el extremo superior, que luego estas sirvieron para la división de las 25 subparcelas de (10 x 10 m).

### **3.2.4. Variables a medir**

#### **3.2.4.1. Diámetro altura pecho (DAP)**

Se midieron todos los árboles y en función a la edad de los árboles. Para la medición del diámetro, se consideró lo siguiente:

La medición se la realizó a una altura de 1,30 m del suelo, a la plantación de 13 años de edad, y a las plantaciones de 4 y 5 años de edad se midió a una altura considerada de 1,10 m y 1,20 m.

Los árboles a medir fueron limpiados en el fuste para evitar errores en la medición.

El instrumento de medición (cinta diamétrica) se utilizó en una posición siempre perpendicular al eje vertical del fuste y la medición se realizó al milímetro exacto (Ej. 48.5cm).

#### **3.2.4.2. Calidad de fuste**

La calidad de fuste se determinó en función de la forma y sanidad que presentan diferenciándose tres calidades (BOLFOR, 1999).

- ✓ **Calidad 1:** Sano y recto sin ningún signo visible de defectos.
- ✓ **Calidad 2:** Con señales de ataque de hongos, pudrición, heridas, curvatura, crecimiento en espiral y otras deformaciones.
- ✓ **Calidad 3:** Curvado y efectos graves en su estructura, posiblemente útil para leña.

#### **3.2.4.3. Altura total y del fuste**

Las alturas se estimaron visualmente utilizando un jalón de 2 m. de altura siendo este referencia para poder realizar las mediciones de los individuos y el hipsómetro se utilizó para medir algunos árboles, que permitieron identificar claramente su altura de copa, como medida de control a efecto de verificar si nuestras apreciaciones eran correctas.

#### 3.2.4.4. Posición de copa

Para evaluar la posición de la copa, se consideró la guía de instalación y evaluación de parcelas permanentes de muestreo propuesta por BOLFOR (1999).

**Completa luz vertical y lateral: (1)** La parte superior de la copa totalmente expuesto a la luz vertical y lateral.

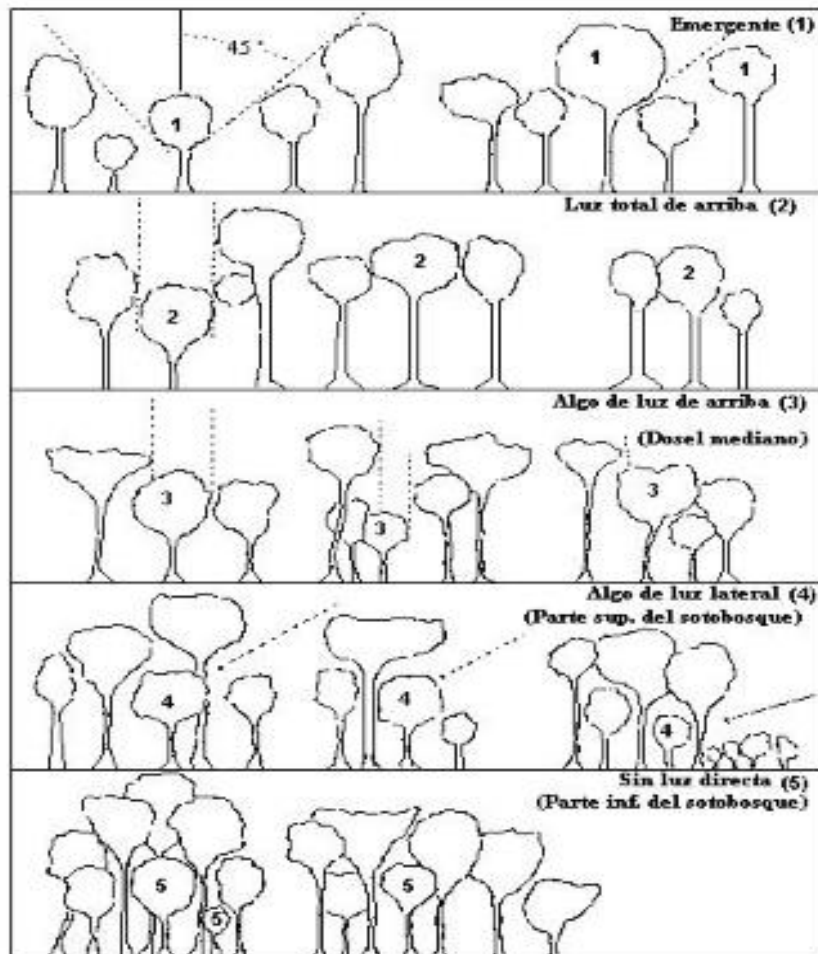
**Completa luz vertical: (2)** La parte superior de la copa plenamente expuesta a la luz vertical, pero esta adyacente a otras copas de igual o mayor tamaño.

**Cierta luz vertical: (3)** La parte superior de la copa está parcialmente expuesta a la luz vertical, parcialmente sombreada por otras copas.

**Cierta luz lateral: (4)** La parte superior de la copa enteramente sombreada de la luz vertical, pero expuesta a alguna luz lateral.

**Sin luz directa: (5)** La parte superior de la copa enteramente sombreada tanto de luz vertical como lateral.

**Figura N°1 Clasificación de posición de la copa**



#### 3.2.4.4. Forma de la copa

Al igual que para la posición de copas, se siguió la guía de instalación y evaluación de parcelas permanentes de muestreo BOLFOR (1999), introduce el sistema de calificación de 5 formas de copa, las cuales son:

**Perfecta, forma ideal, copa amplia y simétrica: (1)** Corresponde a las copas que presentan el mejor tamaño y forma que se observa generalmente, amplio plano circular y simétrico.

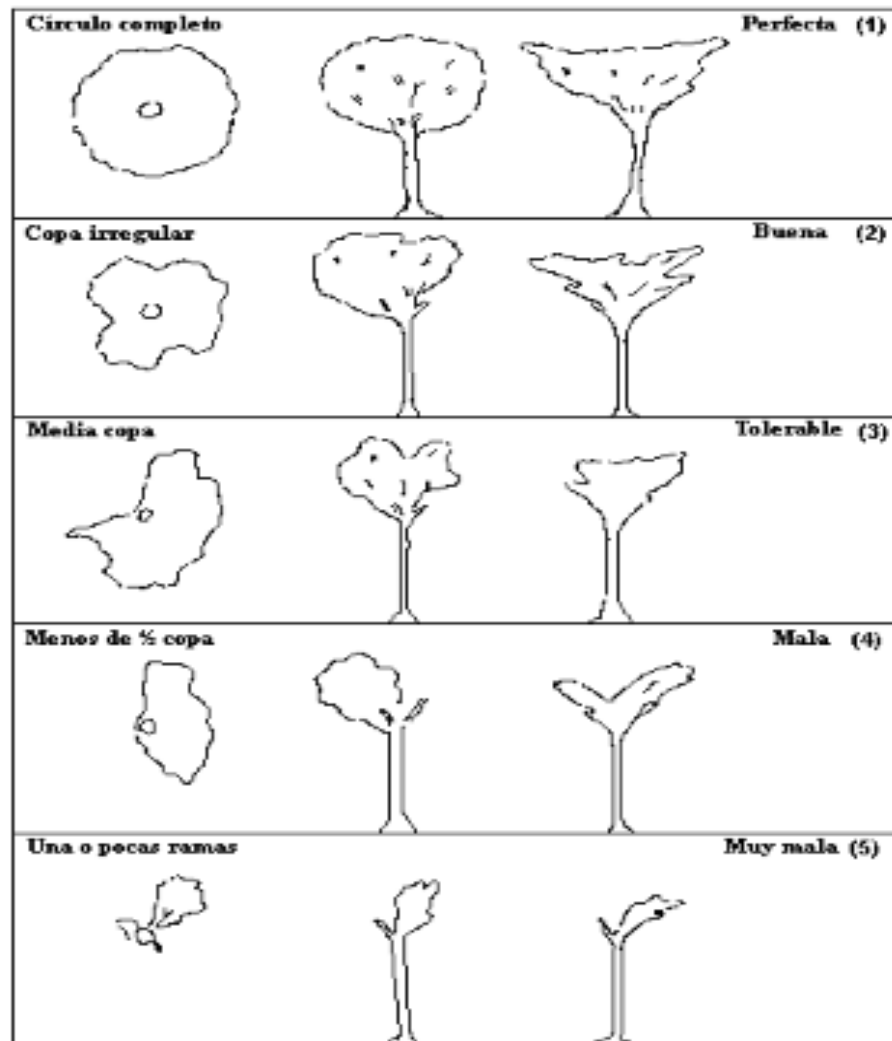
**Buena, casi perfecta: (2)** Copas que se acercan mucho al ideal, silviculturalmente satisfactorias, pero con algún defecto leve de simetría o algún extremo de rama muerto.

**Tolerable poca satisfactoria asimetría notable: (3)** Apenas satisfactorias silviculturalmente, evidentemente, asimétricas o ralas, pero probablemente capaces de sobrevivir.

**Pobre copa degenerada, suprimida gran parte de las ramas: (4)** Evidentemente insatisfactorias, presentan muerte regresiva en forma extensa, fuertemente asimétricas y pocas ramas, pero probablemente capaces de sobrevivir.

**Muerto, carece de copa: (5)** Definitivamente degradadas o suprimidas, o muy dañadas y posiblemente de incrementar su tasa de crecimiento o de responder a la liberación.

Figura N° 2 Forma de la copa



### 3.2.5. Determinación de las categorías diamétricas

Las categorías diamétricas se determinaron a partir de los 5cm de DAP con una amplitud de 5cm, de acuerdo a los datos obtenidos durante la fase de campo se determinaron cinco categorías diamétricas, las cuales se detallan de la siguiente manera. (Ver cuadro N° 1):

**CUADRO N° 4 CATEGORIAS DIAMETRICAS**

<b>CATEGORIA</b>	<b>RANGOS</b>
1	5 cm $\geq$ dap >10 cm
2	10 cm $\geq$ dap > 15 cm
3	15 cm $\geq$ dap >20 cm
4	20 cm $\geq$ dap > 25 cm
5	>25 cm

Fuente: Elaboración propia 2018



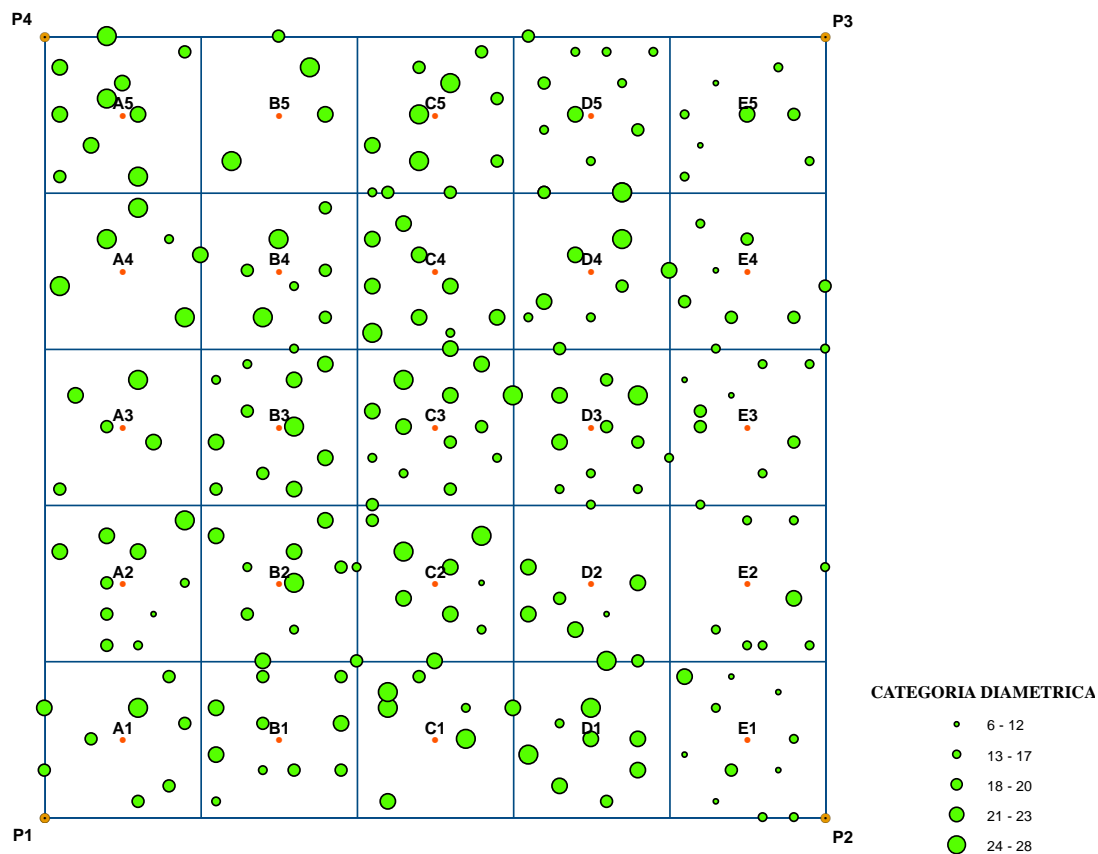
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. DESARROLLO DE LOS ARBOLES EN LA PARCELA

El desarrollo de los árboles en la plantación de pinos en las parcelas es desigual, a pesar de haber sido plantados en la misma época, tal como se muestra en la figura 3 que representa la distribución espacial, por clase diamétrica, dicho de otro modo, en la plantación de 13 años de edad, existen individuos suprimidos con diámetro normal inferiores a 10 cm, y otros que alcanzaron los 27,1 cm de DAP, de modo que al estar positivamente correlacionado el DAP con la Altura del árbol, presenta también al altura del dosel desperejo.

**Figura 3. Distribución espacial de los árboles en la PPM de 13 años**



Estas diferencias de desarrollo de los individuos, puede deberse a la topografía de la zona de plantación, puesto que el mayor desarrollo se observa en zonas de mayor concentración de humedad, aunque, sería necesario efectuar estudios profundos de calidad de sitio en función a la profundidad y fertilidad de los suelos.

#### **Foto N°1 Desarrollo de los individuos en la plantación**



#### **4.2 ANALISIS ESTADISTICO DE PARAMETROS DASOMETRICOS**

Los resultados de la Parcela instalada en la plantación de 4 años, reporta un promedio de 11,2 cm de DAP y una altura media de los árboles de 6 m, con 696 arb/ ha y 29.9 m<sup>3</sup>/ha de volumen del fuste, tal como se muestra en el cuadro N° 4. El coeficiente de variación para el diámetro y la altura comercial, puede ser considerado aceptable por encontrarse cercano al 20%, mas no así para el volumen que tiene mayor coeficiente de variación, esto se debe, a que esta variable proviene de dos variables independientes (DAP y Altura) cuyo error típico es acumulativo. (Ver cuadro 5).

**Cuadro N° 5. Análisis Estadístico PPMs de 4 años**

<b>PARAMETRO</b>	<b>DAP(cm)</b>	<b>ALTURA(m)</b>	<b>A.BASAL(m<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN(m<sup>3</sup>)</b>
Muestras	177	177	177	177
Mínimo	5	3	0,002	0,004
Máximo	17	9	0,023	0,119
Media	11,2	6	0,010	0,043
Rango	12	6	0,021	0,116
Desv. Estándar	2,054	1,327	0,004	0,021
Coef. Variac.	18,26	21,20	35,25	47,93
Error Típico	0,154	0,100	0,0003	0,0016
Error Muestreo	1,373	1,594	2,649	3,603
Tabla t	1,96	1,96	1,645	1,645
Lim. Superior	11,55	6,46	0,011	0,046
Lim .inferior	10,94	6,06	0,010	0,041

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los parámetros estadísticos encontrados en la Parcela de 5 años de edad, tienen comportamiento similar a la PPM de 4 años, habiendo alcanzado un DAP promedio de 11,4 cm y la altura es 6 m como en el caso anterior, con la diferencia que se aproxima al valor máximo, indicando un crecimiento en altura más homogéneo, tal como se muestra en el cuadro N° 6. En base a estos resultados, se denota que el desarrollo de los árboles no difiere significativamente en un intervalo de un año, aunque en esta parte de la plantación, la densidad alcanza a 916 arb/ha; y un volumen maderable de 38,41 m<sup>3</sup>/ha.

<b>Cuadro N° 6 Análisis estadístico PPM de 5 años</b>				
<b>PARAMETRO</b>	<b>DAP (cm)</b>	<b>ALTURA (m)</b>	<b>A.BASAL(m<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
Muestras	229	229	229	229
Mínimo	6	3	0,003	0,008
Máximo	16	7	0,020	0,090
Media	11,4	6	0,010	0,042
Rango	10	4	0,017	0,082
Desv. Estandar	1,714	0,858	0,003	0,016
Coef. Variac.	15,08	14,21	30,00	38,41
Error Típico	0,113	0,057	0,0002	0,0011
Error Muestreo	0,997	0,939	1,983	2,538
Tabla t	2,326	2,326	1,96	1,645
Lim superior	11,63	6,17	0,011	0,044
Lim inferior	11,10	5,91	0,010	0,040

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La plantación con 13 años de edad, indica que el DAP del fuste alcanza una media de 18,6 cm, aunque algunos individuos alcanzaron un crecimiento diamétrico de 25 a 27,1 cm, y los valores mínimos indican diámetros de 7 a 10 cm. Esto indica que la plantación a pesar de ser coetáneo, el rango de diámetro es muy amplio, encontrándose individuos pequeños de 8 m. de altura y otros de hasta 16 m. el volumen maderable promedio de 0,248 m<sup>3</sup>/arb. (Ver cuadro N° 7).

<b>Cuadro N° 7 Análisis estadístico PPMs de 13 años</b>				
<b>PARAMETRO</b>	<b>DAP(cm)</b>	<b>ALTURA(m)</b>	<b>A.BASAL(m<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN(m<sup>3</sup>)</b>
Muestras	226	226	226	226
Mínimo	7	8	0,004	0,019
Máximo	27,1	16	0,059	0,600
Media	18,6	13	0,029	0,248
Rango	21	8	0,056	0,581
Desv. Estándar	4,014	1,726	0,011	0,112
Coef. Variac.	21,55	13,07	39,98	44,88
Error Típico	0,267	0,115	0,001	0,007
Error Muestreo	1,434	0,870	2,659	2,985
Tabla t	1,96	2,326	1,645	1,645
Lim. superior	19,15	13,47	0,030	0,261
Lim inferior	18,10	12,93	0,027	0,236

Fuente: Elaboración propia, 2018

La plantación de pinos en Turumayo, reporta 226 árboles en 2500 m<sup>2</sup> que tiene la parcela, esto quiere decir, que los individuos están separados entre sí, cada 3 m denotando alta densidad. Los valores de coeficiente de variación, demuestran una variabilidad de 45%; mientras que el análisis estadístico considerando un nivel de confianza de 0,05, muestra un error de muestreo bajo reflejado en el parámetro Volumen de árboles en pie, cuyo promedio es 0,248 m<sup>3</sup>/arb encontrados en las PPMs, esto es comprensible teniendo en cuenta las condiciones de calidad de sitio (pendiente, profundidad del suelo, humedad, exposición, etc.) influyen en el establecimiento de la plantación.

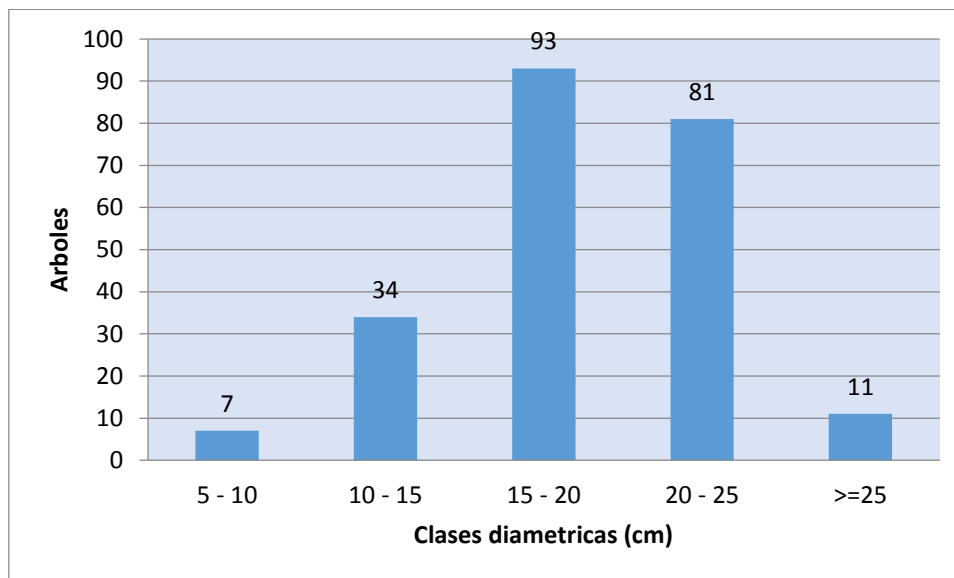
### **4.3. DISTRIBUCIÓN DIAMETRICA DE LOS ARBOLES**

#### **4.3.1. Distribución diamétrica de la abundancia**

La distribución del número de árboles en arreglo por estructura diamétrica, permite deducir que la plantación presenta un crecimiento irregular, denotando, tendencia de distribución normal, el cual muestra mayor frecuencia los diámetros comprendidos entre 15 a 25 cm de DAP, que representa el 77% de la población. El gráfico muestra también, una distribución diamétrica que se mueve desde los 5 cm. hasta 27,1 cm.; la

cual a través del histograma de frecuencias, es caracterizada como una plantación altamente irregular o heterogénea en su desarrollo. (Ver figura 4).

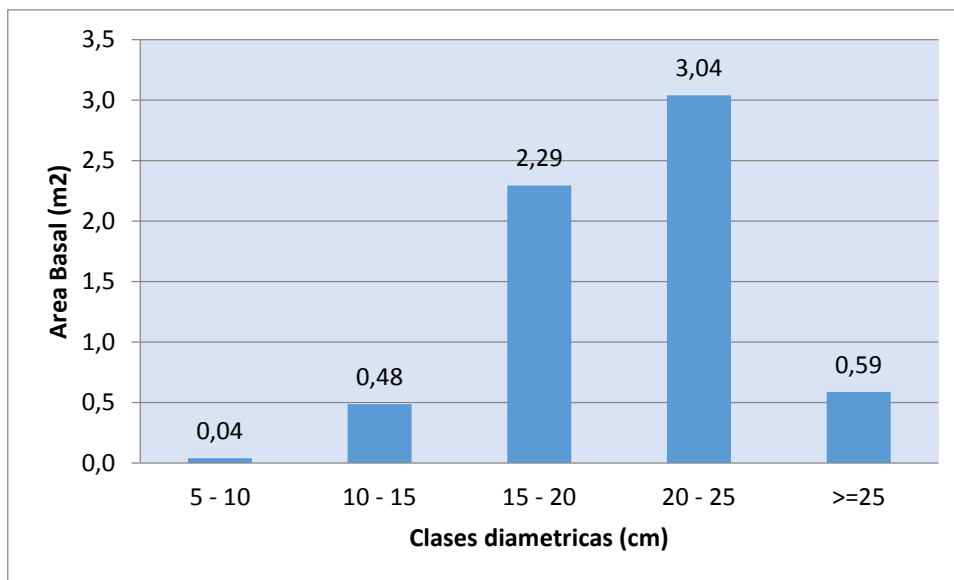
**Figura N° 4. Distribución diamétrica del número de árboles**



#### 4.3.2 Área basal

El área basal es una medida de densidad que muestra el grado de ocupación de los árboles en la plantación, donde el espaciado inicial fue 3m x 3m, denotando alta densidad, que después de la selección y competencia intraespecífica, en la zona de estudio se encontró un Área Basal de 6,44 m<sup>2</sup>, para el total de los individuos. Aparentemente, la plantación no fue sometida a tratamientos silviculturales de poda y raleo, por esta razón, los árboles entraron a una competencia por luz y nutrientes. (Ver figura N° 5).

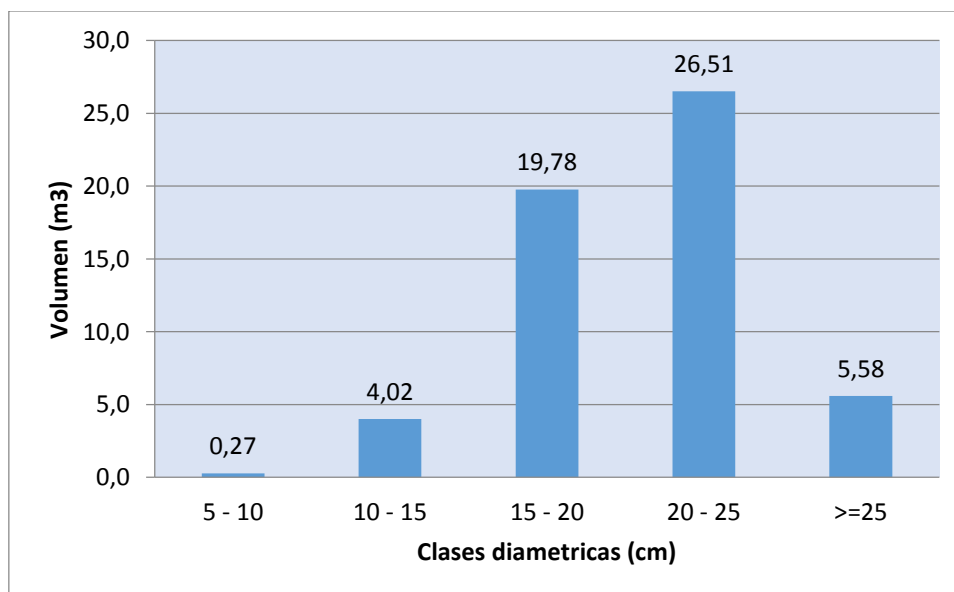
**Figura N° 5 Distribución diamétrica del área basal**



### 4.3.3. Volumen

El volumen estimado que se calculó para el área de estudio alcanzó los 56,16 %, para todos los individuos medidos a partir de los 5 cm, de los cuales 26,51 m<sup>3</sup> corresponde a la clase diamétrica de 20 – 25 cm, que representa un volumen mayor, y la clase diamétrica de 5 a 10 cm, representa un volumen menor únicamente de 0,27 m<sup>3</sup>. (Ver figura N° 6).

**Figura N° 6 Distribución diamétrica del volumen fuste**

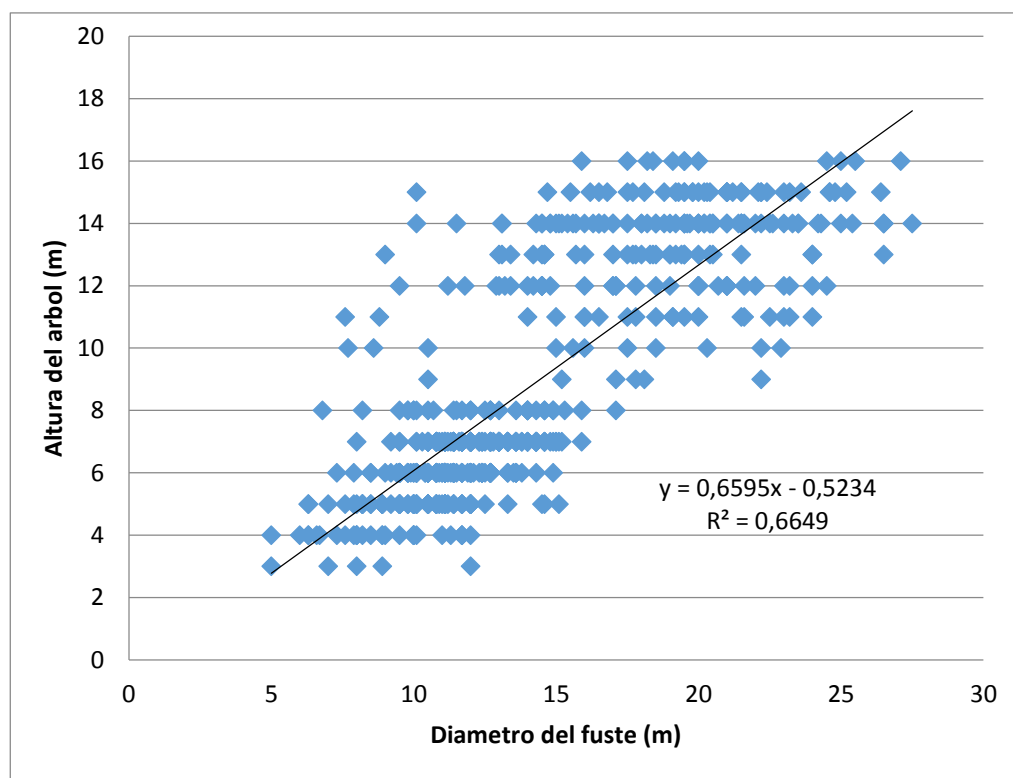


#### 4.4. CORRELACION DEL DIAMETRO NORMAL CON LA ALTURA Y EL VOLUMEN

##### 4.4.1. Análisis de correlación entre los diámetros y altura del árbol

El análisis de correlación entre los diámetros de los fustes y la altura del árbol, muestra una distribución aleatoria, con esto se demuestra la existencia de individuos con diámetros menores y alturas alongadas, asimismo, los arboles pueden tener diámetros mayores y alturas reducidas, aunque el valor del coeficiente de correlación es  $r = 0.81$ , y cociente de determinación ( $R^2=0.6649$ ) indicando una relación positiva, de modo que a medida que aumente el diámetro del fuste aumenta también la altura. (Ver figura 7).

Figura N° 7 Correlación del diámetro del fuste con altura del árbol



**b**



#### 4.4.2. Análisis de regresión del volumen y el diámetro

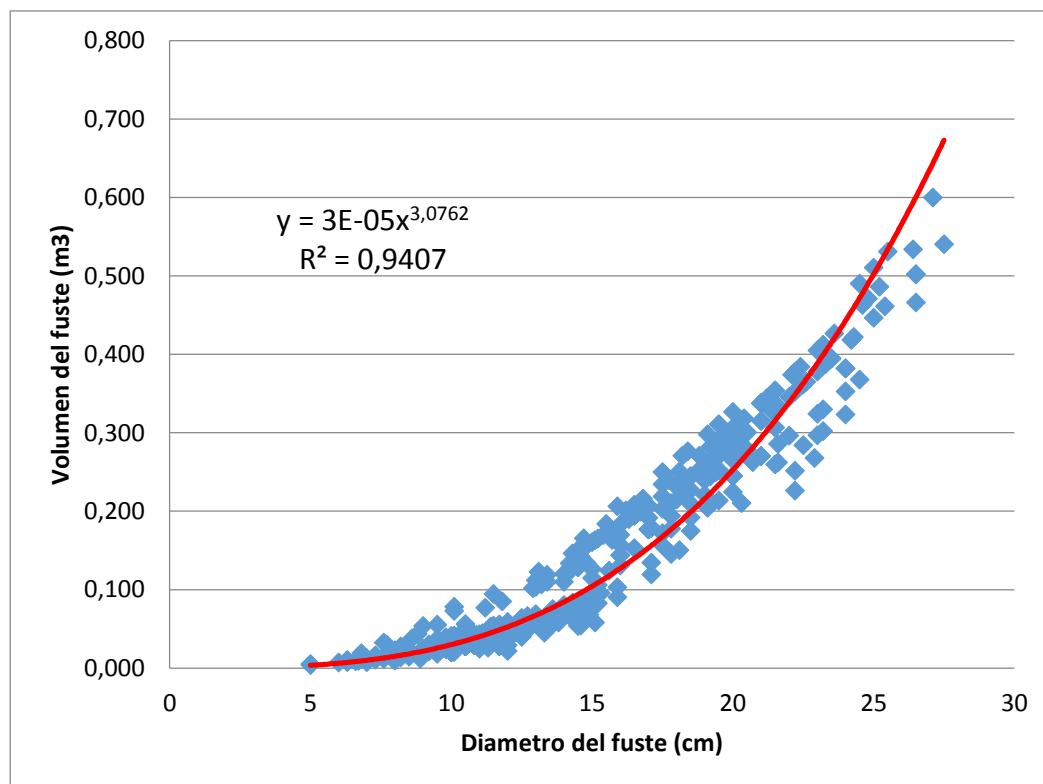
El análisis de regresión del volumen y el DAP, muestra un modelo tipo exponencial:  $y = 3E-05x^{3,0762}$  y un cociente de determinación ( $R^2$ ) que indica un grado de asociación del 94% entre las variables analizadas, (ver figura N° 8). De modo que al aplicar este modelo, se puede inferir el volumen promedio por árbol cuando alcance un diámetro determinado, así:

DAP (cm)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Volumen (m <sup>3</sup> )	0,036	0,048	0,063	0,080	0,101	0,124	0,152	0,183	0,218	0,258	0,302

Fuente: Elaboración propia 2018.

Por ejemplo, si se desea realizar el raleo cuando, los arboles alcancen 15 cm de DAP, el volumen del fuste será 0,124 m<sup>3</sup>/árbol, luego se multiplicará este valor por el número de árboles a extraer, para obtener el volumen total de las trozas.

**Figura N° 8 Correlación del diámetro del fuste con volumen del fuste**



#### 4.5. CALIDAD DE FUSTE

La calidad de fuste se determinó en función de la forma y sanidad que presentan diferenciándose tres calidades (BOLFOR, 1999).

- **Calidad 1:** Sano y recto sin ningún signo visible de defectos.
- **Calidad 2:** Con señales de ataque de hongos, pudrición, heridas, curvatura, crecimiento en espiral y otras deformaciones.
- **Calidad 3:** Curvado y efectos graves en su estructura, posiblemente útil para la leña.

##### 4.5.1. Calidad de fuste de la parcela N° 1

El análisis de la calidad del fuste se realizó sobre la base de los volúmenes comerciales que se han registrado para todos los individuos medidos a partir de los 5 cm de DAP.

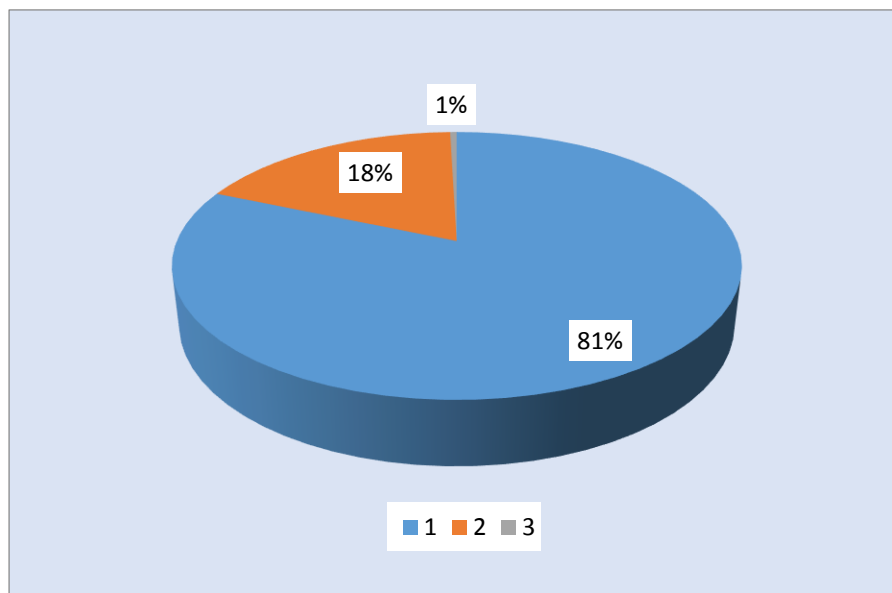
En tal sentido para la parcela de 13 años, los porcentajes para la calidad “1” son de 81,42 %, para la calidad “2” es de 18% y para la calidad “3” es de 0,44, según se muestra en el cuadro N° 8 y figura N° 9, en total llegando a tener 226 individuos.

**Cuadro N° 8 Calidad de fuste de la parcela de 13 años**

<b>CALIDAD</b>	<b>ARBOLES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1	184	81,42
2	41	18,14
3	1	0,44
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Figura N° 9 Distribución de la calidad del fuste de la parcela de 13 años**



**Calidad 1 - Calidad 2 - Calidad 3**

#### 4.5.2. Calidad de fuste de la parcela N° 2

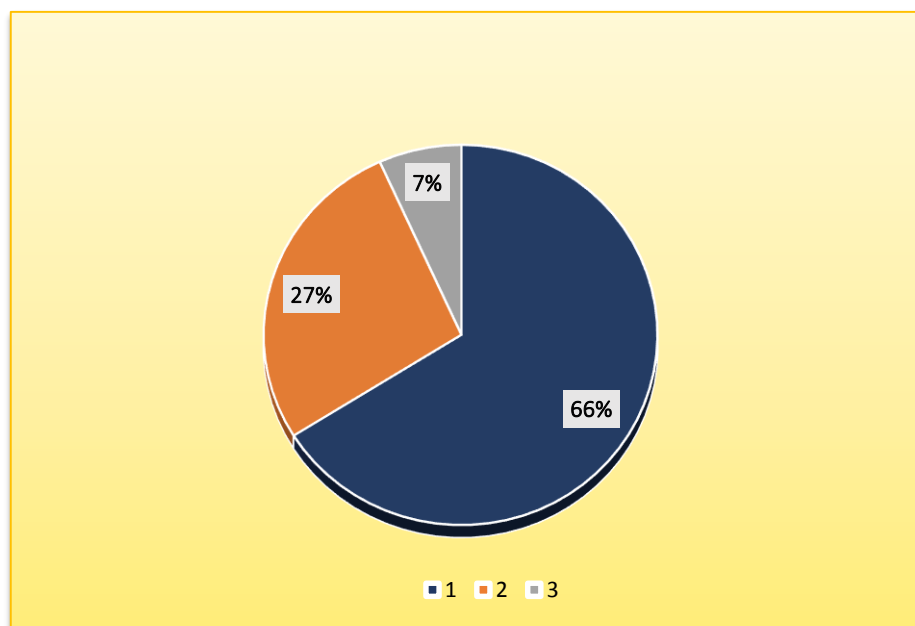
Con respecto a la parcela de 5 años, el porcentaje mayor para la calidad “1” es de 66%, para la calidad “2” tenemos el 27%, y para la calidad “3” es el 7%, teniendo el total de 177 de individuos en la parcela, según se muestra en el cuadro N° 9 y figura N° 10.

**Cuadro N° 9 Calidad de fuste de la parcela de 5 años**

CALIDAD	ARBOLES	PORCENTAJE
1	117	66
2	48	27
3	12	7
<b>Total</b>	<b>177</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia 2018

**Figura N° 10. Distribución de la calidad del fuste de la parcela de 5 años**



Calidad 1 – Calidad 2 – Calidad 3

#### 4.5.3. Calidad de fuste de la parcela N° 3

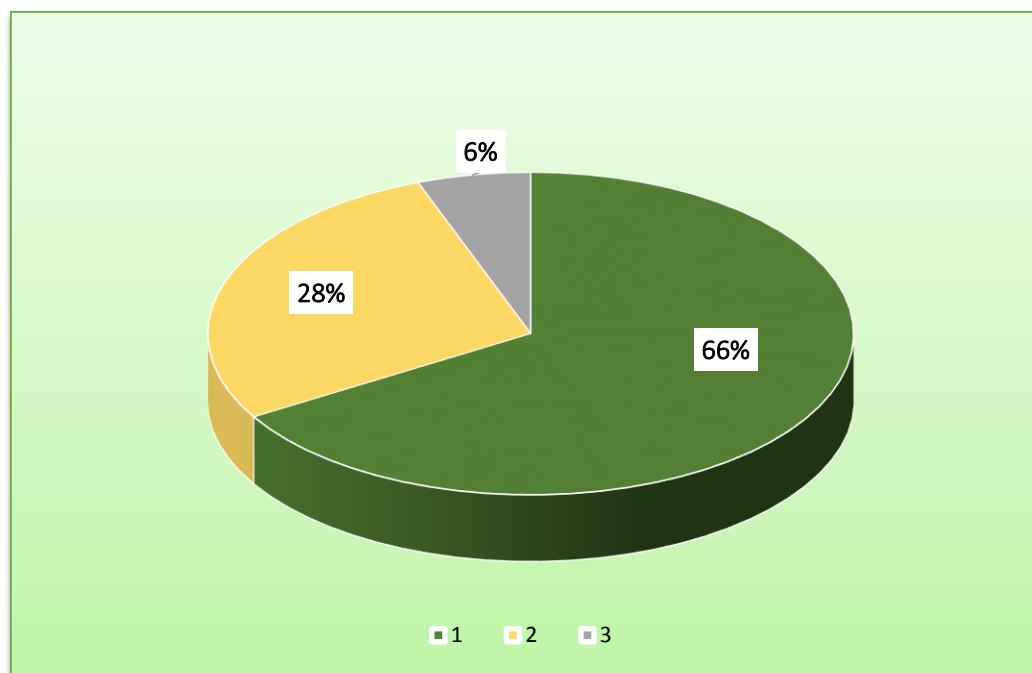
En la parcela de 4 años, el porcentaje mayor para la calidad “1” es de 66 %, para la calidad “2” es de 28 % y para la calidad “3” es el 6 %, según se muestra en el cuadro N° 10 y figura N° 11, teniendo el total de 229 individuos.

**Cuadro N° 10 Calidad de fuste de la parcela de 4 años**

<b>CALIDAD</b>	<b>ARBOLES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1	152	66
2	64	28
3	13	6
<b>Total</b>	<b>229</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia 2018

**Figura N° 11 Distribución de la calidad del fuste de la parcela de 4 años**



Calidad 1 – Calidad 2 – Calidad 3

**Cuadro N° 10. Resumen de la calidad del fuste de las tres PPMs**

<b>CALIDAD DE FUSTE</b>	<b>PARCELA 4 AÑOS %</b>	<b>PARCELA 5 AÑOS%</b>	<b>PARCELA 13 AÑOS %</b>
1	66	66	81
2	28	27	18
3	6	7	1
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia 2018.

Podemos deducir que la mejor calidad de las tres parcelas se encuentra en la calidad 1, porque sobresale con mayor porcentaje, tenemos las parcelas de 4 y 5 años con un 66% y la parcela de 13 años, con un 81% de los árboles son rectos y reciben la calificación de 1, como representa en el cuadro N°10. Lo cual nos indica que el mayor porcentaje de los individuos se encuentran rectos y sin defectos.

#### **4.6. CRECIMIENTO DE LOS ARBOLES**

Tomando en cuenta al DAP como variable independiente, se obtiene una ecuación polinómica de tercer grado. (Ver figura N° 12):

$$y = -0,0168x^3 + 0,4475x^2 - 2,8024x + 16,325$$

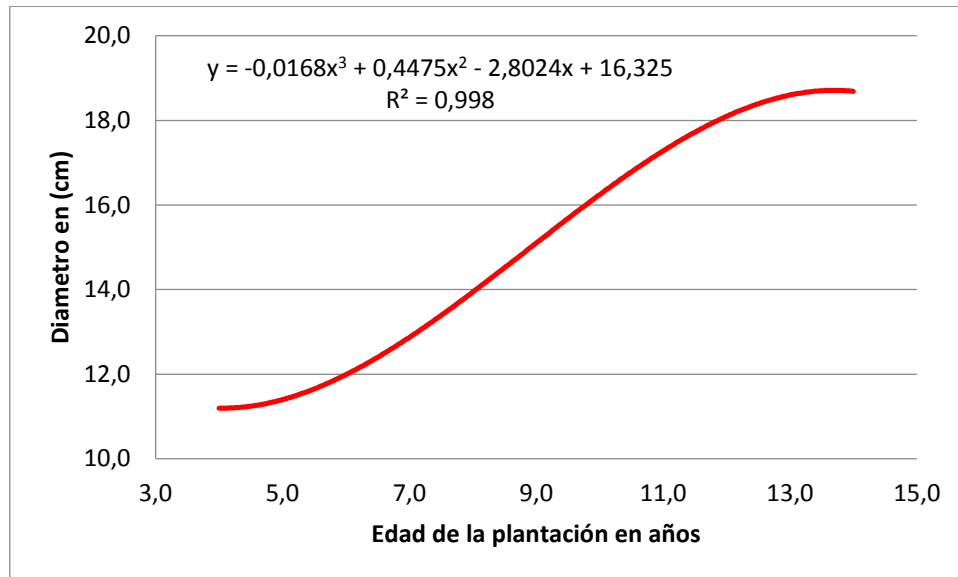
En base a esta ecuación, se obtiene la primera derivada

$$y = -0,0504x^2 + 0,895x - 2,8024$$

A partir de esta ecuación se saca la segunda derivada

$$y = -0,1008x + 0,895$$

**Figura N° 12. Modelo de crecimiento**



Despejando la variable  $x$ , se obtiene, el tiempo óptimo de crecimiento de 9 años que representa la edad de raleo de la plantación. Para obtener el diámetro de raleo, se reemplaza este valor en la ecuación principal, para obtener 14,9 cm de DAP.

Para determinar los puntos críticos del crecimiento, se recurre a la primera derivada, que es una ecuación polinómica de segundo grado:

$$y = -0,0504x^2 + 0,895x - 2,8024$$

Resolviendo el despeje a través de la fórmula:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Se obtiene dos valores de  $x$ ;

$$X_{\min} = 4,06$$

$$X_{\max} = 13,7$$

El valor mínimo representa al establecimiento de la plantación, es decir, las plantas necesitan 4 años para establecerse y crecer en la zona, mientras que el valor máximo representa el tiempo de crecimiento máximo, que en este caso es 14 años.

Efectuando el mismo procedimiento de las derivadas, a partir del modelo de crecimiento, se obtiene lo siguiente. (Ver cuadro 12).

**Cuadro N° 12. Modelo de crecimiento**

MODELACION		FASES	
EDAD (años)	DAP (cm)	AÑO	DAP (cm)
3	11,49	<b>ESTABLECIMIENTO</b>	
4	11,20	4	11,20
5	11,40		
6	11,99		
7	12,87		
8	13,94	<b>RALEO</b>	
9	15,10	9	14,96
10	16,25		
11	17,29		
12	18,11		
13	18,61	<b>MAXIMO CRECIMIENTO</b>	
14	18,70	14	18,72
15	18,28		

Fuente: Elaboración propia 2018

En resumen, la plantación de pinos de la localidad de Turumayo, se establece en un tiempo de 4 años, cuando alcanza un diámetro de 11,20 cm, y se debe efectuar un raleo a los 9 años, cuando tengan 14,96 cm de diámetro, finalmente la curva muestra que el crecimiento es máximo hasta los 14 años con un DAP de 18,72 cm, a partir de esta edad, el crecimiento diamétrico disminuye.

#### **4.6. INDICE DE RALEO**

Para determinar la densidad óptima que permita el máximo crecimiento de la plantación, se recurre al índice de raleo, a través de la siguiente fórmula:



$$IDR = n * \left(\frac{dap}{25}\right)^{1.67}$$

Donde:

IDR = Índice de raleo

n = Numero de plantas en una hectárea

dap = Diámetro promedio de la plantación

**Cuadro N° 13. Distribución diametrica y arboles con defecto**

CLASE	ARB/HA	PORCENTAJE	DEF/HA	PORCENTAJE
5 - 10	28	3,1	12	42,9
10 - 15	136	15,0	20	14,7
15 - 20	372	41,2	60	16,1
20 - 25	324	35,8	72	22,2
>=25	44	4,9	4	9,1
<b>TOTAL</b>	904	100	168	

<b>N</b>	904	<b>DAP MEDIO</b>	19
<b>IDR</b>	572	<b>% REMAN</b>	63,3
<b>CORTAR</b>	332	<b>% APROV</b>	36,7

Fuente: Elaboración propia 2018

Efectuado los cálculos, se obtiene que la densidad optima de la plantación debe ser 572 arb/ha, dicho de otro modo, si el diámetro promedio de raleo es 18.72 redondeando 19 cm, el número de árboles a dejar es 572, por tanto se deben cortar 332 individuos. (Ver cuadro N°13).

Para determinar cuáles árboles se deben cortar, se calcula a partir del cuadro N° 14 que antecede, teniendo en cuenta que el objetivo de la plantación es optimizar el crecimiento por hectárea, la estrategia de raleo puede ser:

Cuadro N° 14. Estrategia de raleo

CLASE	ARB/HA	DEF/HA	ARB. A CORTAR
5 – 10	28	12	40
10 – 15	136	20	156
15 – 20	372	60	60
20 – 25	324	72	72
>=25	44	4	4
TOTAL	904	168	<b>332</b>

- a) Cortar todos los árboles de las dos clases diamétricas inferiores (equivale a 196 arb/ha) ya que estos ejemplares son suprimidos y poco desarrollados.
- b) Luego, cortar todos los árboles defectuosos de las categorías restantes (son 136 arb/ha)
- c) De esta manera, se alcanza 332 individuos a cortar, y quedará en la plantación después del raleo 572 arb/ha con un DAP promedio de 19 cm.

#### 4.7. DISCUSION

En la zona de estudio en la comunidad de Turumayo, se instaló y evaluó 3 parcelas de 50 x 50 m, y estas fueron divididas en 25 sub parcelas cada una, donde se evaluó el crecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, en función al incremento en altura y diámetro, generando modelos que faciliten la implementación de tratamientos en la comunidad.

En el desarrollo de los árboles en la plantación, es desigual, a pesar de que fueron implementadas en la misma época, la plantación de 4 años tiene una altura media de 6 m. Respecto a la parcela de 5 años presenta un promedio de 16 cm con una altura de 6 m, respecto a la plantación de la parcela de 13 años en DAP promedio es de 18,6 cm, con una altura máxima de 16 m.

Este comportamiento corrobora con la “Evaluación del crecimiento y desarrollo de la plantación de *Pinus radiata* D. Don, en la Comunidad de Lajas la Merced, Provincia Méndez – Tarija, **Romero (2017)**).

Las diferentes variables estudiadas (Altura total 5,48 m, DAP 6,98 cm, área basal 0,42 m<sup>2</sup> y volumen 1,59 m<sup>3</sup>) muestran diferencias significativas entre parcelas pero no así a nivel de individuos, como muestra el análisis de varianza al 5 % y al 1 %, por lo tanto se concluye que el desarrollo de la plantación es considerado como medio, en comparación con la plantación de (*Pinus radiata* D. Don).

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las cuales se llegó con los diferentes análisis e interpretaciones de los resultados obtenidos son los que a continuación se detallan:

- El desarrollo de los árboles en la plantación de pinos en las parcelas es desigual, a pesar de haber sido plantados en la misma época.
- De acuerdo a la parcela instalada en la plantación de 4 años, reporta un promedio de 11,2 cm de DAP, y la altura media de los arboles es de 6 m, con una densidad de 696 arb/ha y 29,9 m<sup>3</sup>/ha de volumen del fuste, donde el promedio del área basal es de 0,010 m<sup>2</sup>.
- Respecto a la parcela de 5 años de edad, tienen comportamiento similar a la PPM de 4 años, alcanzando un DAP promedio de 11,4 cm y una altura de 6 m, indicando un crecimiento en altura más homogéneo, la densidad alcanza a 916 arb/ha, y un volumen maderable de 38,5 m<sup>3</sup>/ha.
- Respecto a la plantación de la parcela de 13 años el DAP promedio de los arboles estudiados es de 18,6 cm, y una altura máxima de 16 m, alcanzando un crecimiento diamétrico de 25 a 27 cm,
- De acuerdo a los datos obtenidos la parcela de 13 años de edad presenta mayor crecimiento en altura con 16 m. y los valores mínimos indican DAP de 7 a 10 cm, el volumen maderable promedio de 0,248 m<sup>3</sup>/arb.
- Respecto a los datos obtenidos de la distribución diamétrica de la abundancia, deducimos que la plantación presenta un crecimiento irregular, denotando, tenencia de distribución normal, el cual muestra mayor frecuencia los diámetros comprendidos entre 15 a 25 cm de DAP, que representa el 77% de la población.
- En la zona de estudio se encontró un Área Basal de 6,44 m<sup>2</sup>, para el total de los individuos, donde pudimos observar que la plantación no fue sometida a tratamientos silviculturales de poda y raleo, por esta razón, los arboles entraron a una competencia por luz y nutrientes.

- El volumen estimado que se calculó para el área de estudio alcanzo los 56,16 %, para todos los individuos, donde encontramos mayor volumen en las clases diametricas de 15 a 20 y 25 cm.
- De acuerdo al resumen de la calidad del fuste, podemos ver que la mejor calidad de las 3 parcelas se encuentra en la calidad 1, porque sobresale con mayor porcentaje, donde tenemos las parcelas de 4 y 5 años con un porcentaje de 66% y la parcela de 13 años con un porcentaje de 81%. La diferencia de porcentaje se debe a que las parcelas de 4 y 5 años aún no se los realizo practicas silviculturales (poda), por la topografía del lugar, parámetros edáficos y la precipitación, lo contrario a la parcela de 13 años, donde a la plantación si se lo realizo practicas silviculturales (podas), donde el suelo gracias a las acículas logra retener la humedad por más tiempo.
- El modelo de crecimiento para la plantación de turumayo es  $y = -0,0168x^3 + 0,4475x^2 - 2,8024x + 16,325$ , este modelo nos indica que las plantas necesitan 4 años para establecerse y crecer en la zona, mientras que para efectuar el raleo la planta debe tener 9 años, llegando a alcanzar un DAP de 14,96 cm, finalmente podemos ver la figura N°12 donde la curva muestra que el crecimiento es máximo, hasta los 14 años con 18,72 cm de diámetro, llegando a esa edad el crecimiento diamétrito de la plantación va disminuyendo.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados que se obtuvieron, nos permitimos hacer las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda realizar el seguimiento de las parcelas instaladas de aquí a dos años en el mismo periodo, para poder tener más información sobre la especie.
- También recomendamos realizar estudios profundos de calidad de sitio.
- En evaluaciones de crecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* y otras especies, se recomienda generar el modelo de crecimiento, para que este facilite la implementación de tratamientos en la comunidad.