

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

A pesar de las grandes ventajas que proporcionan las plantaciones forestales en comparación con las áreas naturales, en especial en la recuperación de suelos, en Bolivia son pocas las experiencias que se tienen. (Sandoval, 2006)

Según este mismo autor, el desarrollo de la silvicultura moderna de plantaciones forestales sin duda se basa en la productividad y redistribución económica que ésta le puede dar al inversionista o al Estado. Como opción del uso de la tierra compete con cultivos anuales, ganadería y otros que tienen flujos financieros muy atractivos y a corto plazo, como los cultivos agrícolas.

Conceptos como competitividad, calidad y producción en la actividad forestal, sólo pueden ser conseguidas si se produce una cultura de evaluación y control que debe ir desde la semilla, el vivero, hasta la cosecha del producto, todo esto acompañado de una revisión de experiencias desarrolladas, puede ayudar a encontrar debilidades y fortalezas, con el fin de poder conocer la calidad y el estado actual en que se encuentra una plantación forestal, esto se convierte en un insumo vital para la toma de decisiones acertadas y oportunas sobre el futuro de la misma. (Sandoval H., 2008)

La presente investigación se realizó en una plantación de 4,2918 Ha de *Pinus radiata D. Don.*, de 7 años de edad, en la propiedad privada Carachimayo perteneciente al señor Calixto Velásquez, localizada en la comunidad de Lajas La Merced, provincia Méndez, Municipio San Lorenzo del departamento de Tarija. Cuyas semillas fueron adquiridas del Banco de Semillas Forestales "BASFOR" en el departamento de Cochabamba – Bolivia, dicho centro semillero es una institución que brinda sus servicios con el aprovisionamiento de semillas forestales, plantas y asesoramiento técnico, estos servicios están respectivamente certificados acorde a las normas de certificación establecidas y vigentes en Bolivia.

Al realizar las consultas respectivas a la empresa Basfor, sobre la procedencia de semilla de la especie en estudio, la semilla es procedente del Estado de California-Estados Unidos.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	USOS-	PROCEDENCIA	LOGOTIPO	SEMIL. VIAB./kg	CAT. GEN.	PRECIO USD/kg.
<i>Pinus radiata D. Don</i>	Pino	MAPU	E.E.U.U.		700-300	Certificada	150.00

Usos: MA= Madera; PU= Pulpa (fuente "BASFOR")

Es importante mencionar que esta plantación no fue manejada con técnicas silviculturales (limpias, raleos, podas), tampoco cuenta con registro de mediciones dasométricas, sólo se cuenta con el año de inicio de plantación (Nov.-Dic.-2009), por lo tanto urge una intervención de manejo.

La introducción de esta especie a la zona (Carachimayo-Lajas La Merced) en este caso no fue fruto de un ensayo y seguimiento de su respuesta a las condiciones de implantación como se acostumbra, sino que directamente se asumieron las condiciones que demanda esta especie en países vecinos y de climatología similar, verificadas por el propietario en sus viajes de vacaciones, donde pudo contactarse con propietarios de plantaciones forestales de pino (*Pinus radiata D. Don*), los mismos que le brindaron toda la información acerca de las plantaciones con esta especie y el valor económico que llegan a alcanzar sus productos, por la escases de materia prima (madera), demandada por la población que año a año crece sin control. Una de las características que motivo al propietario a implantar esta especie es, la rapidez en que llegan a alcanzar su diámetro comercial que es de 30 a 40 cm y una altura de 33 mt, esto a la edad de 22 - 24 años, en comparación con otras especies, dicha característica fue considerada como una ventaja de inversión y remuneración económica a futuro. (Cozzo D.)

La calidad de la plantación forestal se explica fundamentándose por el momento, en la calidad genética del material original (semilla), esta información puede ser de gran utilidad

porque conoceremos el impacto de la calidad de la semilla empleada, ya que no se cuenta con registros ni indicios de mantenimiento en la plantación.

1.2. Justificación

Una vez establecida la plantación, es decir cuando exista la suficiente cantidad de plantas, con un espaciamiento adecuado y, que además estén creciendo activamente, se inicia la etapa de mantención y luego el manejo forestal de ella, sin descuidar las actividades de protección que son de carácter permanente. Las técnicas y costos con que se realicen las distintas actividades de silvicultura, guardan una estrecha relación con los volúmenes y tipos de productos maderables posibles de conseguir, y en consecuencia, con su rentabilidad.

En una visita casual y recorrido de la propiedad donde se estableció la plantación, se observó las condiciones en las que se encuentran los árboles de pino, haciendo notar la falta de manejo y mantenimiento que exige esta especie en plantación. Estas observaciones dieron lugar a una entrevista con el propietario, el mismo que hizo saber el desconocimiento de las técnicas silviculturales de manejo que demanda esta especie, para obtener resultados favorables.

Por tal motivo, la realización del presente trabajo obedece a la necesidad de aumentar el conocimiento sobre el comportamiento de la especie *Pinus radiata D. Don*, establecida en la comunidad de Lajas La Merced de la provincia Méndez, cimentando las bases de su manejo por medio de la recopilación de información sobre parámetros de calidad de la plantación, para la obtención de modelos que expresen su situación actual como su comportamiento en el futuro, y así tener una estimación de la productividad de la plantación.

También por medio de esta evaluación se pretende proporcionar información básica acerca del comportamiento, evolución, y recomendaciones, acerca de las mejores alternativas de manejo en la plantación, proporcionando seguridad al propietario, como así también a aquellas personas u organizaciones interesadas en llevar a cabo plantaciones con la especie *Pinus radiata D. Don*. (Aguirre, 2000)

1.3. Hipótesis

Los factores ambientales de la zona, afectan de forma directa los caracteres morfológicos y la sobrevivencia del *Pinus radiata D. Don.* en la comunidad de Lajas – La Merced.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el crecimiento y desarrollo de la plantación de *Pinus radiata D. Don.*, a través de métodos dasométricos e inventarios forestales para conocer el estado actual y su adaptación ante los factores ambientales, que permita planificar actividades de manejo de la plantación, ubicada en la comunidad de Lajas La Merced provincia Méndez del departamento de Tarija.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la sobrevivencia y el crecimiento medio anual en diámetro y altura del *Pinus radiata*, a los 7 años de edad de la plantación.
- Evaluar las condiciones de calidad de sitio de la zona de plantación relacionando el desarrollo con los factores ambientales.
- Evaluar las variables cualitativas de la plantación a través de sus características morfológicas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

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.

2.1.1. Taxonomía.

Reino	Vegetal
División	Traqueofita
Sub-División	Gimnosperma
Clase	Coniferopsidas
Orden	Coniferales
Familia	Pinaceae
Género	<i>Pinus</i>
Especie	<i>radiata D. Don</i>
Sinonimias	<i>P. insigni, P. monterrey</i>

(www.hondurassilvestre.com/search/taxa/taxa.aspx?tsn=183372, agosto 2017)

2.1.2. 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. (ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/, agosto 2017)

2.1.3. Tronco

Recto, con ritidoma pardo-rojizo grueso, prematuramente agrietado, rugoso, al fin pardo oscuro.

2.1.4. Corteza

La corteza es lisa de color gris verdoso en arboles jóvenes, pardo rojizo dividida por grietas longitudinales en arboles maduros.

2.1.5. 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)

2.1.6. Órganos de reproducción

El pino es monoico, con vástagos floríferos masculino (microstobilli) y femenino (megastobilli) 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)

2.1.7. 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)

2.2. Caracteres culturales

2.2.1. Distribución geográfica

El *Pinus radiata* 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)

2.2.2. 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 sequias fuertes. La especie resiste la brisa, pero no los vientos fuertes debido a su inestabilidad radicular. (José J. Vidal. 1962)

2.2.3. 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)

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)

2.2.4. 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 m³ de posibilidad, siendo frecuentes posibilidades comprendidas entre los 8 y 10 m³/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 m³/ha/año a una densidad de 1600 árboles por hectárea. (Ramos F.J. 1979)

2.2.5. 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. 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.

2.2.6. 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;

putrificaciones 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)

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)

2.2.7. 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)

2.2.8. 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))

2.2.9. 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/dm³; contracción radial 2,4, tangencial 3,8 y volumétrica 6,5; módulo de rotura 685 Kgr/cm² (flexión estática) y 370 Kgr/cm² compresión axial; dureza normal a la fibra 218 Kgr/cm². (Torre Ojeda H. 1971)

2.2.10. Usos principales

Esta madera de pino es utilizada para la fabricación de tableros contrachapados, tableros alistonados, tableros de partículas y tableros de fibras, así como en revestimientos, carpintería de armar, mobiliario, embalajes de madera, madera laminada encolada o pasta de papel. (<https://www.maderea.es/madera-de-pino-especies-de-pino-y-usos/>, agosto 2017)

2.3. Plantaciones de *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)

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. (http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0717-92002010000300006&script=sci_arttext, agosto2017)
- Sobre todo, los monocultivos de *Pinus* presentan un peligro extremo de incendio.
- 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° II-1: DISTANCIAMIENTO DE LA PLANTACIÓN

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

(Suplemento Chile – Forestal. 1986)

2.3.1. Evaluación de las plantaciones forestales

La evaluación de una plantación consiste en aplicar técnicas dasométricas y de inventarios forestales para recopilar información de alguna o algunas características particulares de la misma. Tal información es sometida a un análisis, que posteriormente se usará para definir apropiadamente un plan eficiente de acciones a llevar a cabo en la plantación, tanto en el manejo de la masa arbolada, como en la administración de la misma.

La evaluación realizada debe tener un objetivo bien definido, generalmente el objetivo de una evaluación de un área reforestada es determinar su estado actual, el potencial arbolado y demás recursos presentes. (Torres y Magaña. 2000)

Para el manejo de plantaciones se requiere principalmente de información sobre el área total de la plantación distribuida por tipos de rodales. Los criterios para diferenciar entre rodales son: edad, especie, calidad de sitio y densidad. Un inventario para manejo de plantaciones debe generar una tabla o cuadro con las características dasométricas de cada rodal en la plantación. Una de las variables más importantes para el manejo de plantaciones es la densidad del rodal, la cual mide el grado de competencia a que están sometidos los árboles. Esta variable se maneja para lograr objetivos específicos, tales como maximizar la tasa de crecimiento, ya sea para, lograr muchos árboles delgados, o pocos arboles gruesos.

La experiencia sugiere, que el mejor diseño para evaluar las plantaciones es un muestreo estratificado por tipos de rodal, y escoger parcelas de medición aleatorias en cada uno de

los rodales. (CATIE. Inventarios Forestales Para Bosques Latifoliados En América Central. 2002)

2.3.2. Estratificación

La estratificación de una plantación es una de las tareas más importantes, dicha labor permite dividir a la plantación en rodales con características homogéneas, de tal forma que se minimiza la variabilidad dentro de cada estrato. Evidentemente la estratificación puede realizarse considerando una amplia variedad de factores o variables que afecten el desarrollo de la plantación, es posible estratificar a la plantación por su edad, por especie o grupo de especies plantadas, por las características de los suelos, por la densidad de la plantación o por diferencias en condiciones fisiográficas.

Mientras mayor sea el número de variables usadas en la estratificación, más homogéneos será la determinación de estratos de la plantación y presumiblemente menor heterogeneidad en el estrato, característica que garantiza una mejor evaluación, independientemente del objetivo de la misma. (Murillo y Camacho. 1997).

2.3.3. Variable

Una **variable** es la observación de una característica o atributo asociado con un individuo u objeto, la cual varía de un objeto a otro, o de un individuo a otro. Si la característica o atributo no varía se le llama constante. Una observación es un valor específico de una variable.

Una variable **cualitativa** es aquella en que no es posible hacer una medición numérica para describir el atributo. Las observaciones de variables cualitativas describen cualidades del objeto, y son parte de un conjunto de valores exclusivos y exhaustivos que permiten describir un atributo.

Una variable **cuantitativa** es aquella en que las observaciones son numéricas, poseen significado propio, son el resultado de una medición o un conteo, y poseen un orden natural. (CATIE. 2002)

2.3.4. Población

Una población es el conjunto de todas las posibles observaciones de una variable. Lógicamente, la variable tiene que ser evaluada o medida en una población de objetos o individuos.

Se define como **tamaño de la población**, representada con la letra N, al número de unidades de muestreo pertenecientes a una población; por esta razón, podríamos distinguir entre población de objetos y población de observaciones. Una población de objetos está formada por todo el conjunto de objetos que poseen una característica previamente establecida; a partir de esta población de objetos se pueden generar una o varias poblaciones de observaciones.

En inventarios forestales en donde las unidades de muestreo son parcelas, el tamaño de la población (N) se puede calcular utilizando el área efectiva del bosque en hectáreas (A), y el área o tamaño de las parcelas en hectáreas (a). N se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$N = A / a$$

(CATIE. 2002)

2.3.5. Unidades de muestreo

Se define como unidad de muestreo al mínimo elemento o parte en que está dividida la población de objetos. La unidad de muestreo es definida durante el proceso de planificación del inventario, dependiendo de la información que desea obtener de éste. Estas pueden ser trozas en una industria, parcelas marcadas en el bosque, árboles individuales, puntos en el bosque, fajas de bosque, entre otras.

2.3.6. Muestra

Una **muestra** es una parte o subconjunto de la población, la cual normalmente se escoge con el fin de recoger datos para generar información acerca de la población.

Como **tamaño de la muestra**, representada con la letra "n", se define, al número de unidades de muestreo que son parte de la muestra.

El conjunto de los datos observados se denomina **muestra**, en tanto que el grupo más general se llama población. Las poblaciones se describen mediante características denominadas parámetros. Los **parámetros** son valores fijos, aunque raramente se saben cuáles son. Las muestras se describen por las mismas características, pero cuando éstas se

aplican a las muestras se llaman estadísticos. La media de una muestra es un estadístico. Los **estadísticos** de las muestras se calculan para estimar los parámetros de la población.

La **primera condición** de una muestra, es que la muestra sea **representativa** de la población, significa elegir un sitio donde toda la variabilidad de la población se encuentre representada. Cumplir con esta condición equivale a que toda la población se concentre en la muestra, lo cual resulta imposible por el gran tamaño de las poblaciones; en consecuencia, siempre existirán diferencias entre lo expresado en la muestra y las existencias reales de la población.

La **segunda condición** de las muestras es que sirvan para hacer inferencias correctas acerca de la población, lo cual se logra si se seleccionan mediante métodos o procedimientos estadísticos. (CATIE. 2002)

2.3.7. El proceso de muestreo.- En inventarios forestales consiste básicamente en:

- 1) Definir las unidades de muestreo (generalmente parcelas de tamaño y forma específica)
- 2) Definir la población, el marco de muestreo (mapas, listas, esquemas, etc.) y el número total de unidades de muestreo (N), en el caso de poblaciones finitas.
- 3) Identificar cada unidad de muestreo en la población.
- 4) Definir el número de unidades de muestreo que serán evaluadas; esto es, el tamaño de la muestra 'n'. El tamaño de la muestra depende del tiempo disponible, de los fondos existentes y de la intensidad de muestreo o el grado de error de muestreo deseado, los que generalmente son establecidos por las normas de calidad o la legislación existente.
- 5) Identificar en el campo cada una de las unidades de muestreo seleccionadas.
- 6) Evaluar o medir las variables previamente definidas en las unidades de muestreo seleccionadas.
- 7) Calcular y estimar la información requerida, según el diseño.
- 8) Preparar el informe con base en el diseño previamente elaborado. (CATIE. 2002)

2.3.8. Intensidad de muestreo

Representada con la letra "i", es la proporción de unidades de muestreo escogidas como parte de la muestra; es decir que "i" es el resultado de dividir el tamaño de la muestra (n) entre el tamaño de la población (N).

$$i = n / N$$

En inventarios forestales donde las unidades de muestreo son parcelas, la intensidad de muestreo también se puede calcular utilizando el **área efectiva** de evaluación en hectáreas (A) y el área o **tamaño de las parcelas** en hectáreas (a).

$$i = n * a / A$$

(CATIE. 2002)

2.4. Variables a medir para evaluar la plantación

Las variables a medir de los árboles seleccionados en las parcelas o unidades de muestreo son normalmente:

* Variables cuantitativas

* Variables cualitativas

(IICA. 1976)

2.4.1. Variable cuantitativa

Para la evaluación cuantitativa se utilizaron las siguientes variables.

2.4.1.1. 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 metro 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)

2.4.1.2. Altura

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

1.- Altura total

2.- 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)

2.4.1.3. Edad

La edad de los arboles constituye la base para calcular el incremento de madera por año en los bosques. Un método seguro para determinar la edad de los arboles es mediante registros ya que estos contienen las fechas de plantación; así como en nuestro caso se tiene registrado el mes de diciembre del año 2009 como fecha de inicio de la plantación en el predio Carachimayo con la especie pino radiata.

En especies de árboles con periodo de reposo anual, se puede determinar la edad contando los anillos. (Pieter Grijpma. 1990)

2.4.1.4. Área basimétrica

Es el área con corteza de la sección transversal del fuste de un árbol en la proximidad de su base, generalmente a 1,30 m sobre el suelo.

El área basimétrica se emplea frecuentemente como índice de la densidad de masas arboladas. El área basal o basimétrica es un valor convencional que da una aproximación del área de la sección de referencia.

El área basal de un rodal es igual a la suma de las áreas basales de todos los arboles del rodal. (IICA. 1976)

2.4.1.5. Volumen

El volumen es la variable más importante a estimar.

El volumen ya sea expresado en metros cúbicos o pies tablares, representa el criterio de transacción comercial de la madera. (IICA. 1976)

2.4.1.6. Forma del árbol

La forma de los arboles es una resultante de un completo de factores, debido por un lado a los mecanismos de la herencia y el medio ambiente (suelo, topografía, plagas, vientos, competencias, etc.) y la interacción que se produce entre las dos.

Entre los intentos más importantes que se han hecho para calificar la forma de los arboles a través de expresiones numéricas se emplean satisfactoriamente en la actualidad los siguientes:

- Coeficiente mórfico
- Razón de forma

2.4.1.7. Coeficiente mórfico

Es el cociente que existe entre el volumen de un árbol y el de un cuerpo geométrico. Desde el punto de vista de aplicación práctica, los coeficientes mórficos que se han empleado con mayor frecuencia, son los definidos por el cociente entre el volumen total del fuste del árbol y el de un cilindro cuyo diámetro basimétrico se ha tomado a 1,30 m.

2.4.1.8. Razón de forma

La razón de forma se define como el cociente que resulta de dividir el valor del diámetro de un árbol medido a la mitad de la altura total entre el valor del diámetro normal o DAP.

Se tendrá presente que el coeficiente mórfico es igual al cuadrado de la razón de la forma. (IICA. 1976)

2.4.1.9. Crecimiento

Desde el punto de vista dasométrico se pueden cuantificar en varias formas:

- Linealmente: Altura, diámetro normal (m).
- Transversalmente: Área bisimétrica (m²).
- Volumen (m³).

Desde el punto de vista del tiempo considerado en la estimación, existen tres conceptos fundamentales de incrementos.

- Incremento corriente anual (ICA).- Es el incremento registrado durante un año.
- Incremento periódico anual (IPA) .- Es el incremento medio anual registrado durante un periodo de años (por ejemplo cinco años)
- Incremento medio anual (IMA).- Es el incremento medio anual registrado durante la edad de un árbol.

En estado joven las coníferas producen anualmente un verticilo. La distancia entre los verticilos representa el crecimiento anual. Generalmente el crecimiento de las especies forestales en relación con su edad siguen la forma de una ese "S", inicialmente crecen lento, después crecen de manera rápida luego la velocidad de crecimiento se repite. (Pieter Grijpma. 1990)

2.4.2. Evaluación cualitativa

Cada árbol o parte de un árbol, además de sus dimensiones, posee otras características tales como su forma, aspecto y defectos que hace que su madera sea más o menos utilizable y válida para determinados propósitos.

Las variables cualitativas tienen por lo general algún grado de subjetividad y requieren de constante entrenamiento y unificación de criterios.

2.4.2.1. Métodos de evaluación

El manual de inventario forestal de la FAO, indica que los métodos de evaluación de calidad se dividen en dos categorías:

- Evaluación de características y defectos externos.
- Evaluación de características y defectos internos.

Las características y defectos externos pueden ser determinados sobre árboles en pie con bastante detalle y exactitud, mientras que la estimación de defectos internos en árboles en pie solo puede hacerse a partir de observaciones parciales y un tanto imprecisas.

Para la evaluación de características y defectos externos el árbol en sí, se considera como una unidad de evaluación. (IICA. 1976)

Por lo tanto los defectos externos analíticos a evaluar se agrupan en las siguientes categorías:

2.4.2.2. Calidad del fuste

1.-Rectitud del fuste.- Es una característica importante para la evaluación por lo tanto se anotará cada árbol en las siguientes categorías:

- * Recto.- Calidad del fuste derecho.
- * Sinuoso.- Forma sinusoidal del fuste.

2.-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 clasificarán en las siguientes categorías.

- 1.- Liso
- 2.- Curvado

3.- Retorcido

4.- Nudoso

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

1.- Sano

2.- Enfermo

4.- Poda natural.- Tiene gran importancia a la cual las ramas inferiores de un árbol comienzan a morir, así como la capacidad del árbol para cerrar rápidamente las cicatrices y muñones.

1.- Con poda

2.- Sin poda

(IICA. 1976)

2.4.2.3. Vigor

El vigor está asociado con el aspecto de desarrollo adecuado del árbol, clasificándolo de la siguiente forma:

- 1) Clorosis.- Amarillamiento anormal del follaje, con frecuencia de alguna deficiencia mineral, infección de virus o escases de luz.
- 2) Marchitez.- Enfermedad u ocasionalmente una plaga asociada con una defoliación prematura, generalmente rápida y muerte regresiva del follaje. Deberá anotarse si la marchitez es ascendente o descendente.
- 3) Normal.- No manifiesta ninguno de los estados anteriores.

(IICA. 1976)

2.4.2.4. Ramificación

En relación a las características de ramificación de los pinos, se tomaron los siguientes datos visuales:

* **Numero de verticilos de rama por metro.-** Para determinar este parámetro se debe contar el número absoluto de verticilos del árbol y se divide por la altura total expresada en metros.

* **Numero de ramas por verticilo.-** Debe contarse en el tercio inferior de la copa del árbol, anotándose para cada árbol el numero promedio de ramas por verticilo.

En los planes de manejo es importante contar el número de ramas por verticilo para cuantificar los costos de poda.

* **Grosor de las ramas.-**El diámetro de las ramas es de gran importancia práctica, pues está directamente relacionado con el tamaño de los nudos en la madera del fuste e influye significativamente en los costos de poda.

Para clasificar el grosor de las ramas, se recomienda emplear la estimación visual del diámetro promedio máximo y mínimo de las ramas, en un punto distante, a unos 20 cm del tallo principal, en el tercio inferior del árbol.

* **Ángulo de inserción de las ramas.-** El ángulo formado por las ramas y el tronco del árbol son importantes por las siguientes razones:

- a. Influyen en el tamaño del nudo.
- b. Está asociado con la presencia de inclusiones de corteza en la madera.
- c. Se relaciona con la tendencia de las ramas a competir con el tallo principal.
- d. Factor de importancia en la poda, en ramas con ángulos amplios, es mucho más fácil y menos costosa que en aquellas con ángulos agudos.
- e. Tiene influencia en el diámetro y la densidad de la copa del árbol.

Los ángulos de inserción de las ramas se recomiendan estimar visualmente en el tercio inferior del árbol con la ayuda de las siguientes categorías:

- Agudo : menor que 45°
- Intermedio: entre 45° y 90°
- Abierto : mayor a 90°

2.4.2.5. Anomalías de crecimiento

Al efectuarse las observaciones de los árboles se registrarán las siguientes anomalías de crecimiento:

1. Torcedura basal.- Defecto consistente en una curvatura basal brusca que disminuye la longitud útil del fuste.

2. Bifurcación.- Esta manera de crecer en forma de horqueta origina la formación de dos o más fustes y debe anotarse indicando así su presencia, está localizada en la parte basal, media o terminal del fuste.

3. Inclinación.- Un árbol se considera inclinado cuando su eje longitudinal forma un ángulo menor de 70° con la horizontal.

4. Cola de zorro.- Esta anomalía comienza en los primeros 2 o 3 años de edad, se manifiesta al prolongarse exageradamente el ápice terminal, solo con fascículos de acículas sobre el tallo sin la presencia de ramas. Los tejidos de sostén de los tallos afectados por la cola de zorro son tan débiles que el ápice quiebra por su propio peso, o por el viento. Para efecto de esta evaluación se consignara la presencia en cada árbol. (IICA. 1976)

2.4.2.6. Supervivencia

Se refiere a los árboles que subsisten después de la plantación hasta el momento de la evaluación. Se registrara el número de árboles vivos por unidad de área.

2.4.2.7. Daños

Se consideran como daños la serie de deterioros y averías ocasionadas por agentes externos.

Deberán registrarse los siguientes:

1. Daños por animales.
2. Daños climáticos.
3. Daños por humanos.

2.4.2.8. Cobertura de copa

El motivo de medir la copa de los árboles, es que funciona como indicador de la densidad del rodal (competencia).

Para su evaluación se empleara la siguiente clasificación.

Cobertura	Calificación
Mayor a 70 %	Muy densa
41 % - 70 %	Normal
20 % - 40 %	Semidensa
Menor a 20 %	Muy rala

(IICA. 1976)

2.4.2.9. Calidad de sitio

En silvicultura, calidad de sitio es la capacidad de una superficie para producir biomasa forestal. Según otras definiciones, la calidad de sitio está reflejada a través de la manera en que la vegetación, el bosque, responden a factores ambientales, como ser; combinación de condiciones bióticas, climáticas y edáficas.

De los aspectos ambientales que influyen en el crecimiento arbóreo, el suelo es el de mayor importancia, debido a que él es el resultado de la interacción de factores formadores tales como: clima, material parental, organismos vivos, relieve y tiempo.

El grado de evolución pedogenética de un suelo, está relacionada con la disponibilidad de nutrientes y sus condiciones físicas. Lo cual nos indica, la aptitud productiva del suelo. Por lo tanto para determinar la calidad del sitio se debe realizar un estudio de la fertilidad del suelo, clima general y local, para poder clasificarlo. (IICA-OEA, 1976)

Morfología del suelo.- Es la rama de la pedología que se ocupa del estudio y descripción de las características **externas e internas** del suelo.

La descripción externa del suelo comprende, la descripción del paisaje donde se encuentra el suelo en cuestión, las características del sitio como ubicación, altitud, relieve, pendiente, vegetación, uso actual de la tierra, clima, material parental, drenaje, pedregosidad, erosión, presencia de nivel freático, etc.

La descripción interna se refiere, a la descripción completa de la morfología del perfil como: Horizonte, color, textura, estructura, espesor de los horizontes, etc.

Textura.- La textura del suelo se refiere a la proporción relativa a las clases de tamaño de partícula del suelo: arcilla, limo, arena, cada una de estas partículas tiene propiedades que dependen fundamentalmente de su tamaño y naturaleza.

2.4.2.10. Índice de sitio

El índice de sitio es un indicador del grado en que los factores ecológicos (climáticos y edáficos) favorecen o perjudican el crecimiento de una especie forestal en una localidad o estación (sitio).

La altura de un rodal uniforme a una edad dada, es un buen indicador del potencial productivo de ese tipo de bosque en ese sitio particular. Una de las funciones que más éxito ha tenido en la construcción de curvas de índice de sitio es la Schumacher (Bruce y Schumacher. 1965)

La representación gráfica de dicha ecuación es una familia de curvas sigmoidales. Para encontrar el índice de sitio de una parcela o rodal basta conocer la altura de los árboles dominantes a diferentes edades, luego se aplica la ecuación cuyos parámetros deben determinarse por regresión para cada especie; o se hace uso de curvas construidas para dicha especie en situaciones análogas. (Bruce y Schumacher. 1965)

Capítulo III

MATERIALES Y MÉTODOS

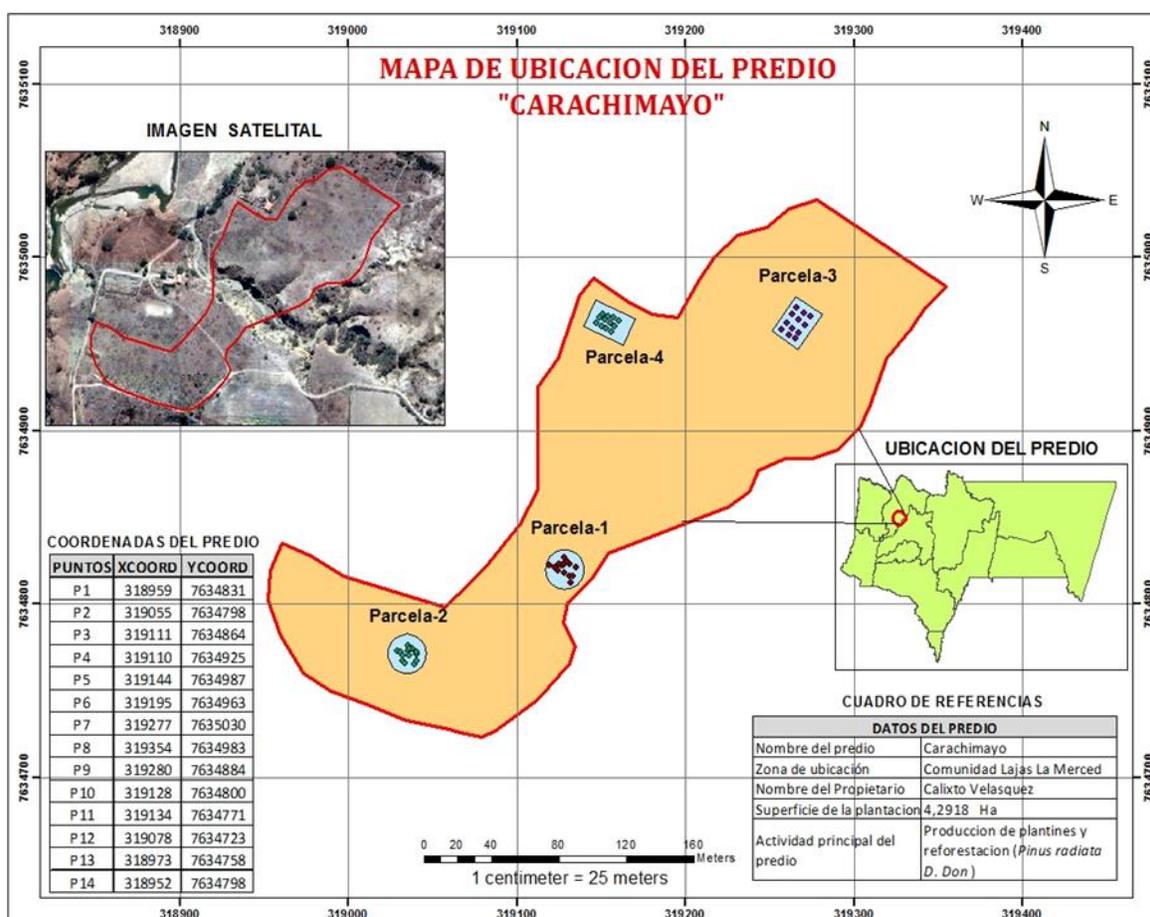
3.1 Localización de la zona de estudio

El área de estudio cuenta con una superficie de 4,2918 hectáreas, se encuentra ubicada en la comunidad de Lajas La Merced, distrito Eustaquio Méndez, del municipio de San Lorenzo, Primera Sección Municipal de la Provincia Méndez del departamento de Tarija, a 2056 m.s.n.m., y geográficamente localizada entre los puntos:

Latitud Sud: 21° 23' 23.32"

Longitud Oeste: 64° 45' 0.59"

FIGURA N° III-2: MAPA DE UBICACIÓN



3.2. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

3.2.1. Características meteorológicas

3.2.1.1. Clima

La clasificación climática por el método Schaufelberguer, indica que la comunidad tiene un Clima Templado Semiárido, con temperaturas medias anuales de 16 y 20°C, con un piso térmico templado el cual presenta un Rango de altura de 1001 – 2000 m, con temperaturas en °C de $24 > T >= 17,5$. (ZONISIG. 2002).

3.2.1.2. Temperatura

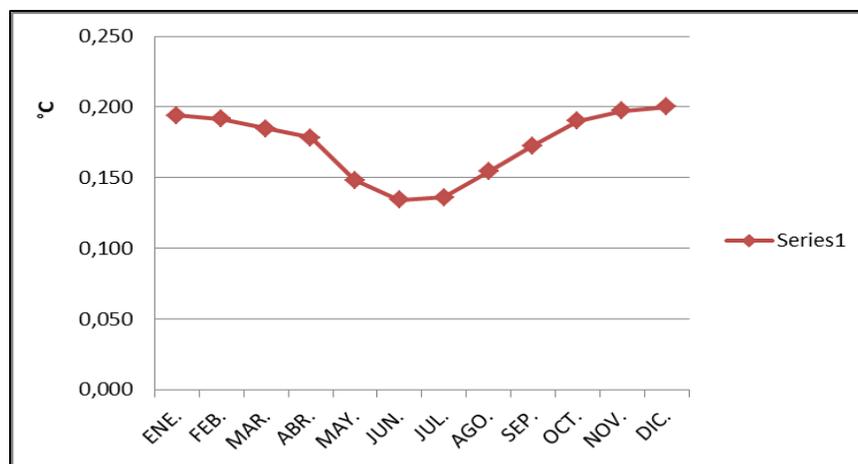
Las temperaturas medias en la época más caliente (diciembre y enero) alcanzan unos 21°C a una altura de 2000 m.s.n.m.

CUADRO N° III-3: TEMPERATURAS MEDIA ANUAL

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
2008	19,0	18,1	17,7	16,5	13,5	11,8	14,7	15	14,8	18,4	19	17,8	16,4
2009	18,4	19,0	18	17,2	15,8	12,1	12,8	15,2	15,9	19,7	23,1	20	17,3
2010	19,9	20,1	19,9	16,7	14,2	14	11,2	14,4	18,4	17,7	18,8	20,7	17,2
2011	19,9	18,0	17,6	17,6	14,2	13,4	14,4	14,9	17,3	18,8	19,9	18,6	17,1
2012	18,8	18,9	18,6	18	16	13	13,2	16	19,2	19,6	19,6	22,1	17,8
2013	19,2	19,1	17,8	17,4	16,3	15,4	14,6	14,4	16,3	18,6	19,9	19,6	17,4
2014	18,9	18,8	18,4	17,6	15,1	14,5	12,8	15,8	19,4	20,4	19,4	19,6	17,6
2015	19,4	19,4	19,2	18	13,4	15	14,3	17,6	18,8	19,2	19,6	21,4	17,9
2016	21,2	21,1	19	21,4	14,9	11,6	14,4	15,5	15,4	18,6	18,4	20,4	17,7

FUENTE: SENAMHI; Estación: Sella (2500 msnm), Prov. MENDEZ (2016)

FIGURA N° III-3 DE REGISTRO DE TEMPERATUA



La presente grafica comprende los años 2008 hasta el 2016, fue elaborada con los datos del Cuadro N° III-3.

3.2.1.3. Precipitación

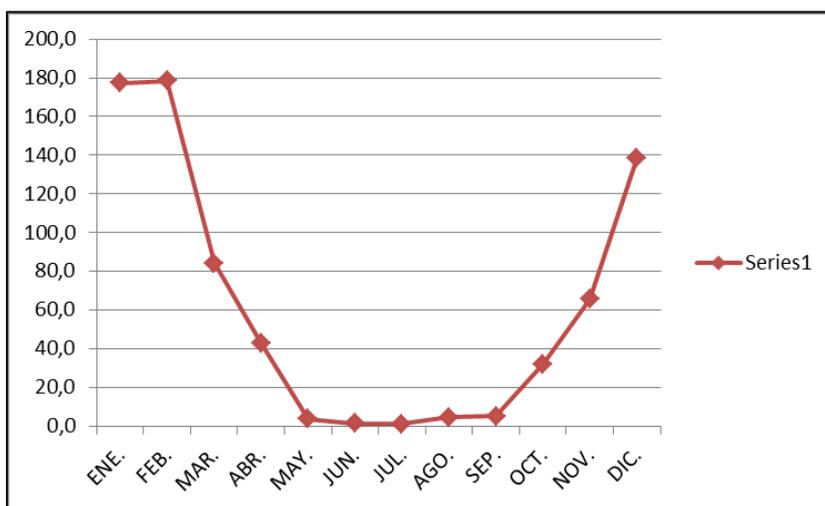
La distribución espacial y temporal de las lluvias, se caracteriza por presentar dos periodos marcados: el de precipitaciones, de noviembre a marzo, y el periodo seco de abril a octubre, esto nos da como resultado una precipitación media anual de 46 mm.

CUADRO N° III-4: PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
2008	207,2	56,1	81,1	22,3	0	0	0	7,5	6,5	34,6	55,8	313,1	65,4
2009	88,8	67,5	78,5	33,2	2	0	0	2	1	10	103,1	138	43,7
2010	141,7	226,3	86	32,5	16	0	0	0	10	7	41	67	52,3
2011	80	296,5	81,5	31,5	8,5	0	0	0	0	14,5	35,5	148,5	58,0
2012	213	211,5	67,5	67,5	1	0	1	0	0	26,5	77	141	67,2
2013	212	144	88,5	11,5	4	8	0	15,5	3	25,5	45	144	58,4
2014	147,9	125	47,5	27,5	4	4	0	6	6	24,3	69	106	47,3
2015	322,1	353,2	198,4	148	0	0	9,5	0	6	71	80,5	139,5	110,7
2016	183,8	125,3	28,7	14,1	0	1	0	11,7	15,5	76,5	83,7	51,9	49,4

FUENTE: SENAMHI; Estación: Sella (2500 msnm), Prov. MENDEZ (2016)

FIGURA N° III-4 DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL



La presente gráfica comprende los años 2008 hasta el 2016, fue elaborada con los datos del Cuadro N° III-4.

3.2.2. Características físicas

3.2.2.1. Geomorfología

La comunidad de Lajas La Merced presenta características geomorfológicas complejas, como consecuencia de movimientos tectónicos y de determinados procesos de cambios los cuales las tierras estuvieron sometidas en épocas pasadas, dando origen a profundos valles estrechos característicos de este sector. La comunidad presenta un tipo tectónico propio de plegamiento y fallamiento, así también la presencia de planicies con cobertura vegetal son otras peculiaridades de ese sector. (ZONISIG. 2002)

3.2.2.2. Geología

La zona de estudio se encuentra en la secuencia geológica del Cuaternario, formado por depósitos aluviales y coluviales no consolidados. Esta formación cubre aproximadamente todo el porcentaje de la superficie del municipio, es uno de los menos estudiados y tiene gran importancia, ya que sirve de reservorio principal de aguas subterráneas, constituye toda la superficie moderadamente útil para la agricultura y forma el material donde se asientan las áreas urbanas. (ZONISIG. 2002)

3.2.2.3. Suelo

Los suelos son moderadamente desarrollados, poco profundos a profundos, imperfectamente drenados, no presentan problemas de erosión significativa. Tienen un nivel de fertilidad medio, al igual que los contenidos de materia orgánica y nitrógeno, de medios a altos y de potasio de bajos a medios. El pH es neutro a ligeramente alcalino y no presenta problemas de sanidad. (Montes de Oca, 1997).

3.2.2.4. Hidrología

La propiedad se encuentra ubicada en la Cuenca Alta del Río Guadalquivir, dicha cuenca es extensa y accidentada, con una orografía muy complicada y áspera, sobre todo en el norte y noreste.

La Cuenca Alta del Río Guadalquivir tiene como afluentes principales en el margen derecho a los ríos Calama, Coimata, Pajchani, Erquis y La Victoria. Por el margen

izquierdo a los ríos Sella, Tojti Waikho, Carachimayo y otros de menor importancia. (ZONISIG. 2002)

3.2.2.5. Fauna

La fauna está constituida por aves, y roedores. La fauna actualmente se encuentra dispersa a causa de las profundas intervenciones del hombre, ya sea por la habilitación de tierras para la agricultura, lo que está ocasionando cambios en la estructura de la vegetación, destruyendo de esta manera su hábitat natural. (Diagnostico Municipal Consolidado San Lorenzo)

3.2.2.6. Vegetación

La vegetación presente en la comunidad Lajas La Merced es la siguiente:

Estrato arbustivo:

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Tholilla	Bacharis boliviensis	Asteraceae
Kanlli	Tetraglahin cristatum	Rosaceae

Estrato Herbáceo:

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Malva	Anoda sp.	Malvaceae
Vervenita	Verbena sp.	Verbenaceae
Comadrita	Zinnia peruviana	

Estrato Arbóreo:

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Churqui	Acacia caven	Fabaceae
Algarrobo blanco	Prosopis alba	Leguminosae
Molle	Prosopis nigra	Anacardiaceae

Gramíneas:

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Paja brava	Bothriochloa alta Stipa ncesiana Pennisetumsp	

(Diagnostico Municipal Consolidado San Lorenzo-Prefectura dirección de planificación)

3.3. Materiales

1. Mapas, cartas topográficas de la zona.
2. Planilla de campo.
3. Bolsas para coleccionar muestras de suelo.
4. Geo-posicionador (GPS).
5. Máquina fotográfica.
6. Cinta métrica de 30 m.
7. Flexómetro.
8. Cuerda de 15 metros de longitud.
9. Hipsómetro
10. pH metro.
11. Clinómetro.
12. Barreno.
13. Tabla de muestras de suelo.
14. Pintura aerosol.
15. Sacabocado para sacar muestras de suelo

3.4 Metodología.-

Para el desarrollo del trabajo en campo se desarrollaron los siguientes pasos:

Reconocimiento del terreno: se realizó a través de visitas de campo las cuales fueron en dos oportunidades.

Descripción de la zona: La descripción de la zona se lo realizo con la observación y análisis de los siguientes factores:

- Tamaño de la propiedad.
- Uso del suelo.
- Pendiente y estado de degradación del suelo.
- Limitaciones de clima y suelo.

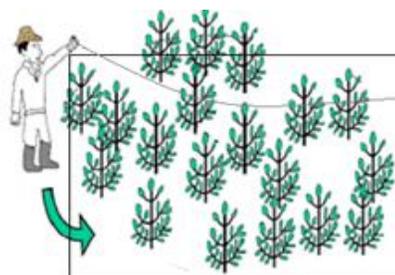
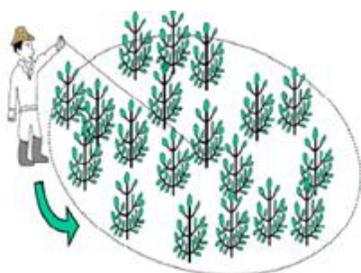
Planificación y diseño de las parcelas: Esta actividad es una actividad de gabinete desarrollado en base al conocimiento del predio y las variables a estudiar lo cual nos permitió realizar el diseño experimental correspondiente.

Ubicación de las parcelas: Inicialmente se realizó un levantamiento por rodeo de la superficie plantada, para determinar el tamaño total del área de plantación, dando como resultado una superficie de 4,2918 hectáreas.

En base al tamaño de la superficie plantada se tenía previsto realizar una estratificación con las alturas totales de los árboles en la zona, pero los individuos de la plantación no presentaban diferencias notables en alturas, por esta razón no se llevó a cabo la estratificación de la plantación pero si se realizaron las parcelas de muestro a distintos niveles de altura en el terreno.

Demarcación de las parcelas: Se realizó un muestreo con parcelas circulares y rectangulares del mismo tamaño, a una intensidad del 10 %, con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y 15 lecturas por parcelas en la plantación de *Pinus radiata D.* Donde las superficies por parcela son de 100 m², o 0,01 ha.

-Instalación del área de la parcela.- Empleando el GPS, huincha y una cuerda, se ubicaron y se marcaron las parcelas circulas y rectangulares respectivamente.



Toma de datos: El diseño de investigación ha sido no experimental debido a que más que manipular variables, se ha observado los fenómenos tal cual ocurren en el contexto natural. Al mismo tiempo ha sido transversal ya que los datos fueron recolectados en un determinado punto del espacio muestral temporal, como una fotografía (Hernández et al. 2003). Los datos de campo y la encuesta han sido recolectados entre mayo y junio de 2016, midiéndose los siguientes indicadores.

3.4.2 Variables Cuantitativas

Medición de los diferentes indicadores cuantitativos de estudio (Altura de planta, Altura al fuste limpio, diámetro al cuello del árbol, Diámetro a la Altura del pecho, cobertura de copa y Diámetro a media altura del árbol).

En las planillas de campo se tomaron medidas de: circunferencia a la altura del cuello del árbol, altura del pecho, a media altura del árbol, como así también las alturas del fuste limpio y las alturas totales para realizar los distintos cálculos estadísticos.

- Las variables obtenidas se aplicaron en las siguientes fórmulas:
 - Área basimétrica.
 - Razón de forma.
 - Coeficiente mórfico.
 - Volumen.
 - Crecimiento.

1. El Área Basal o basimétrica es estimada a una altura de 1,3 m

$$AB = (C)^2 / (4 \times 3,1416)$$

Dónde: AB = Área basal para una altura de 1,3 m.

C = Circunferencia en cm. a una altura de 1,3 m del suelo.

$$\pi = 3,1416$$

Reemplazando en la fórmula tenemos:

$$AB = (23,50)^2 / (4 \times 3,1416)$$

$$AB = 552,25 / 12,56$$

$$AB = 49,96 \text{ cm}^2 \text{ "o"} 0,43 \text{ m}^2$$

2. La Razón de Forma será el cociente entre el diámetro a media altura del árbol sobre el diámetro normal

$$RF = Dm / DN$$

Dónde: RF = Razón de forma.

Dm = Diámetro a media altura del árbol en cm.

DN = Diámetro normal o DAP en cm.

Remplazando en la fórmula tenemos:

$$RF = 5,95 / 7,50$$

$$RF = 0,793$$

3. El Coeficiente Mórfico (CM) resultara de elevar la razón de forma (RF) al cuadrado, expresado de otro modo tenemos

$$CM = (RF)^2$$

Dónde: CM = Coeficiente mórfico

RF = Razón de forma.

Remplazando en la formula tenemos:

$$CM = (0,793)^2$$

$$CM = 0,629$$

4. Para el cálculo del Volumen se empleara la siguiente formula

$$V = AB \times H \times CM$$

Dónde: V = Volumen en m³

AB = Área basal en m²

H = Altura total en m.

CM = Coeficiente mórfico.

Remplazando en la formula tenemos:

$$V = 0,43 \times 2,23 \times 0,629$$

$$V = 0,603 \text{ m}^3$$

5. Crecimiento anual se determina midiendo la altura total entre la edad de la plantación

$$C = \text{h. del árbol} / \text{No. de años que tiene la plantación}$$

Remplazando en la formula tenemos:

$$C = 5,64 / 7$$

$$C = 0,805 \text{ m por año}$$

6. Cálculo de la Media

Todos los promedios de las variables cuantitativas se calcularon con la fórmula.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde:

\bar{X} = Media.

N = El número de unidades en la muestra.

$\sum_{i=1}^n X_i$ = Significa que hay que sumar todas las “n” de cada variable.

7. Cálculo de la Desviación Estándar

Esto sirvió para determinar y verificar, si la mayoría de individuos de la población están próximos a la media o diseminados. Esta desviación estándar fue utilizada para las variables cuantitativas.

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

Donde: S = Desviación Estándar.

$\sum X^2$ = La suma de los valores elevados al cuadrado de todas las mediciones individuales.

$(\sum X)^2$ = El cuadrado de la suma de todas las mediciones.

Esto equivale a la fórmula:

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

Donde:

\bar{X} = La media aritmética.

$(X - \bar{X})$ = La desviación de una desviación individual de la media de todas las mediciones.

8. Cálculo del Coeficiente de Variación (CV)

Este se estimó con la fórmula:

$$C = \frac{S}{\bar{X}}$$

Donde:

C = Coeficiente de variación.

S = Desviación Estándar.

\bar{X} = Media.

3.4.3 Variables cualitativas

Para el cumplimiento del objetivo 2, se emplearon planillas de evaluación de sitio para realizar un estudio morfológico del suelo, donde se evaluaron los siguientes parámetros, pendiente en %, profundidad efectiva del suelo en cm, % de pedregosidad, este paso estuvo acompañado de una toma de muestras de suelo representativa de la plantación, para un análisis físico química en laboratorio, donde se determinó la textura, pH, Mo, K, N.

Para la evaluación descrita en el objetivo 2 se empleó los criterios edáficos descritos en las Normas para Evaluación de Plantaciones Forestales del Perú IICA (1976), donde emplean tablas de clasificación, las mismas que son resultado de la combinación de las valoraciones echas a las propiedades del suelo, dando como resultado final la calificación del sitio.

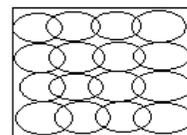
Las características morfológicas evaluadas mediante la observación directa de las formas y defectos externos de cada árbol están ordenadas en la planilla general.

El análisis de varianza o ANOVA introducido por R.A. Fisher en el año de 1920, fue el que se empleó para el análisis de varianza en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y 15 lecturas por parcelas en la plantación de *Pinus radiata* D. Don

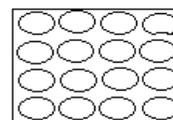
Medición de la Cobertura de copa, el motivo de medir la cobertura de copa de los árboles, es que funciona como indicador de la densidad del rodal (competencia), este trabajo se lo realizo mediante la observación directa de la copa de los árboles, comparando con las tablas modelos que se tiene para la evaluación de plantaciones forestales.

Para su evaluación se empleó la siguiente clasificación.-

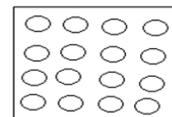
1) Mayor a 70 % ; Muy densa



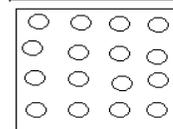
2) 41% - 70 %; Normal.



3) 20 % - 40 %; Semidensa.



4) Menor a 20 %; Muy rara.



(IICA. 1976)

Calidad de sitio.- La calidad del sitio se los ha desarrollado a través de un análisis detallado del suelo, que es el de mayor importancia, debido a que él es el resultado de la interacción de factores como el clima, material parental, organismos vivos, relieve y tiempo. La *Estimación de calidad de sitio* se llevó a cabo según la siguiente metodología:

CUADRO N°III-4: CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL SITIO

CALIDAD A	Sitios con buena calidad de suelos para el desarrollo óptimo de las Plantaciones forestales.
CALIDAD B	Sitios con media calidad de suelos para desarrollo forestal.
CALIDAD C	Sitios con mala calidad de suelos para el desarrollo de plantaciones Forestales.

(Normas para Evaluación de Plantaciones Forestales del Perú, IICA (1976))

La clasificación de las propiedades del suelo, se lo realizó en base a datos levantados en campo y los procedentes de laboratorio.

Las propiedades del suelo consideradas y sus categorías se realizaron en base a los siguientes parámetros:

a. Pendiente

CUADRO N° III-5: TABLA PARA CALIFICAR LA PENDIENTE

PENDIENTES	CLASES DE PENDIENTES
0	1
21 – 100 %	2
Más de 100 %	3

(Normas para Evaluación de Plantaciones Forestales del Perú, IICA (1976))

b. Profundidad efectiva del suelo

Considerando el espesor de las capas del suelo que permite el desarrollo de las raíces de los árboles, cuyo límite inferior es el material no alterado por las capas impermeables, se realizó la medición en base al siguiente cuadro.

CUADRO N° III-6: PROFUNDIDAD DEL SUELO

PROFUNDIDAD EN cm.	CLASES DE PROFUNDIDAD
Más de 80	1
80 – 90	2
Menos de 30	3

(Normas para Evaluación de Plantaciones Forestales del Perú, IICA (1976))

c. Textura

Determinada por la proporción de la arcilla, limo y arena, es que se hace la toma de muestras de suelo de las distintas zonas representativas de la plantación, donde se consideró la textura dominante del suelo (0-30 cm) y del subsuelo (más de 30 cm de profundidad), cuya determinación se desarrolló en el laboratorio de suelos de la Universidad Gabriel Rene Moreno de Santa Cruz, siguiendo los siguientes parámetros.

CUADRO N° III-7: CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA

GRUPOS TEXTURALES	
Grupos	Clases texturales que incluye
Ligero	Arena (L1) Arena franca (L2)
Mediano	Franco (M1) Limoso (M2)
Pesado	Franco arcilloso (P1) Arcilloso (P2)

(Normas para Evaluación de Plantaciones Forestales del Perú, IICA (1976))

d. Reacción del suelo

Se determinó a través del grado de acidez o alcalinidad del suelo (pH), el cual se estimó en el suelo superficial (30 cm) y en el subsuelo (más de 30 cm desde la superficie), considerando los siguientes parámetros.

CUADRO N° III-8: TABLA PARA CALIFICAR EL pH

RECARGA DE pH	CLASES
De 5,5-7,5	1
De 4,1-5,4 o De 7,6-8,4	2
Menos de 4 o más de 8,5	3

(Normas para Evaluación de Plantaciones Forestales del Perú, IICA (1976))

e. Pedregosidad

La pedregosidad se la estimó mediante el porcentaje de fragmentos gruesos de 2 mm - 25 cm de diámetro y de piedras o rocas (más de 25 cm de altura) sobre la superficie del suelo, los cual se desarrolló en campo en base a los siguientes parámetros:

CUADRO N° III-9: PORCENTAJE DE PEDREGOSIDAD

DISTANCIA ENTRE PIEDRAS Y % DE GRAVAS	CLASE DE PEDREGOSIDAD
No existen gravas ni piedras	1
De 2-10 m. y/o De 10-90%	2
La presencia de fragmentos y/o piedras es mayor y dificulta hacer plantaciones forestales.	3

(Normas para Evaluación de Plantaciones Forestales del Perú, IICA (1976))

Clave para determinar la calidad de sitio.- Luego de haber encontrado las clases a las cuales corresponden las propiedades de los suelos de la plantación, la calidad de sitio se determinó mediante la siguiente clave:

**CUADRO N° III-10
+: CLAVE PARA DETERMINAR CALIDAD DEL SITIO**

Pendiente	Profundidad del suelo	Textura	pH	Pedregosidad	Calidad de suelo
1	1	M1, M2	1	1	A
2	2	L2, P1	2	2	B
3	3	L1, P2	3	3	C

(Normas para Evaluación de Plantaciones Forestales del Perú, IICA (1976))

Para el cumplimiento del objetivo número 3, se realizó la medición de los diferentes indicadores cualitativos de estudio (Rectitud, forma, deformación, daño, sanidad, vigor, ramificación y fenología)

Los parámetros cualitativos fueron registrados en planillas elaboradas para este fin, los datos se tomaron mediante la observación directa en cada árbol, de las características y defectos externos, basados en los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	CATEGORÍA
CALIDAD DEL FUSTE	
a. Rectitud :	- Recto - Sinuoso
b. Forma :	- Liso - Curvado - Retorcido - Nudoso
SANIDAD	- Sano - Enfermo
VIGOR	- Clorosis - Marchitez - Normal
ANOMALÍAS DE CRECIMIENTO	- Cola de Zorro - Bifurcación - Torcedura Basal - Inclinación
DAÑOS CAUSADOS POR	- Animales - Incendios - Climáticos - Humanos
	- Muy Rala

COBERTURA DE COPA	<ul style="list-style-type: none">- Semi Densa- Normal- Muy Densa
--------------------------	---

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis Cuantitativo

4.1.1. Medición de las características morfológicas en las diferentes parcelas

De una forma sintética, para el análisis desarrollado, se parte del registro de información importante en campo, definida por variables individuales como: altura total (h) diámetro a la altura de pecho (DAP) y la edad de la plantación (t). A partir del listado de los árboles presentes puede determinarse el número de árboles por hectárea, el área basal, (obtenida por agregación de las secciones normales individuales) y el volumen (obtenida con la altura total, el área basal y el coeficiente mórfico). Esta sería la situación inicial, a partir de la cual empieza el proceso de análisis, que se aplica a cada uno de los árboles y parcelas de medición, en el siguiente cuadro se muestran los registros obtenidos en campo de las alturas totales y el diámetro a la altura del pecho de la parcela número 1, con los cuales se obtuvieron el área basal (m^2) y el volumen (m^3).

CUADRO N° IV-11 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS ESTUDIADAS

Nº de Árboles	Altura Total (m)	Diámetro Altura de Pecho (DAP) (m)	Área Basa (m^2)	Volumen (m^3)
1	5.6250	7.4405	0.0046	0.0171
2	5.5750	7.0028	0.0042	0.0167
3	6.1300	8.0373	0.0054	0.0194
4	5.9250	7.5599	0.0052	0.0211
5	5.8500	7.8384	0.0052	0.0167
6	5.1925	6.5015	0.0037	0.0117
7	5.2625	6.2150	0.0032	0.0124
8	5.5600	7.0028	0.0044	0.0179
9	5.1500	6.8835	0.0038	0.0113
10	4.7625	6.0081	0.0031	0.0118
11	5.1125	6.6845	0.0036	0.0100
12	5.7525	7.4644	0.0048	0.0168
13	3.0750	7.7190	0.0050	0.0190
14	3.4000	7.7986	0.0048	0.0217
15	1.5150	7.4803	0.0044	0.0156

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

La calidad es una variable general que integra todas las demás variables específicas (Altura total, DAP, etc) mencionadas. Su finalidad es simplemente obtener una designación global

sobre el estado de la calidad de cada árbol (dependiendo del estudio), de manera que permita luego, con los datos de las parcelas estimar el estado de la calidad de la plantación en su totalidad. La calidad global de la plantación se determinó, en base en un promedio ponderado de calidad individual.

En el siguiente cuadro presenta los diferentes índices, que nos permitirán desarrollar los cálculos de cada una de las variables analizadas, para obtener los valores del coeficiente de variación para determinar la calidad de la plantación.

CUADRO N° IV-12. ÍNDICES PARA EL CÁLCULO DE COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Variables a Analizar	Media aritmética	Varianza (S ²)	Desviación típica o Standart (S)	Coefficiente de Variación (C.V.)	Varianza entre los Individuos	Varianza entre parcelas	Variabilidad entre y dentro las parcelas
Altura Total (m)	5.4804	0.581151	0.7355	14.1192	0.53081255	2.107963	0.251813
Diámetro a la Altura de Pecho (DAP en m)	6.9864	1.385651	1.1350	16.4233	0.17553994	3.020671	0.058113
Área Basal (m ²)	0.4200	0.000002	0.0013	31.4521	0.00000014	0.000004	0.033594
Volumen (m ³)	1.5900	0.000038	0.0053	39.8653	0.00000366	0.000118	0.030989

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Estos índices considerados en el cuadro anterior, nos permiten conocer el desarrollo que ha tenido la plantación desde el año 2009, hasta el momento que se realizó su evaluación (2016), y el coeficiente de variación de cada uno de estos valores según Murillo y Camacho (2000) nos permitió establecer la calidad de la plantación de acuerdo al siguiente cuadro.

CUADRO N° IV-13

CALIDAD DE LA PLANTACIÓN	
Coefficiente de variación	Calificación de la plantación
Menor a 10 %	Excelente
Del 10 - 20 %	Aceptable
Mayor a 20 %	No aceptable

Fuente: Murillo O, y Camacho (2000)

En base a este cuadro concluimos que la calidad de la plantación es aceptable ya que el CV calculado esta ente el 14 y 39 %, considerando todas las variables estudiadas.

4.1.2. Análisis del Incremento Medio Anual (I.M.A.)

Resumiendo los valores obtenidos en campo, analizamos el incremento medio anual (I.M.A), de las variables estudiadas cuyos valores se presenta en el siguiente cuadro.

CUADRO N° IV- 14 ANÁLISIS DEL INCREMENTO MEDIO ANUAL (I.M.A.)

Nº de Parcela	Incremento Medio anual (m/año)	D. Normal (DAP) Medio/ Parcela (cm/año)	Area Basal (m ² /ha/año)	Volumen (m ³ /ha/año)
Parcela 1	0.9401	1.2506	0.0045	0.0165
Parcela 2	1.2975	1.6010	0.0074	0.0320
Parcela 3	0.6799	0.8820	0.0023	0.0056
Parcela 4	0.7361	0.9240	0.0024	0.0054
Datos Unico	1.0262	1.1644	0.0042	0.0149

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

CUADRO N° IV- 15: PARÁMETROS DEL IMA PARA PLANTACIONES DE 2 A 15 AÑOS

VARIABLE	UNIDAD	PAREMTEROS DEL IMA		
		BAJO	MEDIO	ALTO
IMA de altura total	m/año	< 1.5	1.6 a 1.9	> 2.00
IMA del DAP	cm/año	< 1.0	1.0 a 1.9	> 2.00
IMA del area Basal	m ² /ha/año	< 1.5	1.6 a 2.4	> 2.5
IMA del Volumen total	m ³ /ha/año	< 12.00	12.1 a 17.9	> 18.0

Para plantaciones menores de 10 años

Fuente: Vásquez y Ugalde (1995)

El crecimiento longitudinal es menor de 1.5 m/año para las 4 parcelas, lo que nos indica que el crecimiento de los árboles de *Pinus radiata*, en el área de estudio, tiene un crecimiento bajo; pero el crecimiento en diámetro según el promedio de las cuatro parcelas se considera como medio.

El crecimiento basal puede considerarse bajo para las cuatro parcelas, y el incremento medio anual del volumen para las 4 parcelas es bajo para las parcelas.

4.1.3. Análisis de Varianza

Para realizar los contrastes de los datos entre parcelas e individuos, se realizó el análisis de varianza, inicialmente se analizó la homogeneidad de las varianzas, para determinar a qué caso corresponden, la totalidad de los contrastes presentó varianzas homogéneas y por la diferencia de observaciones todas corresponden a la siguiente expresión ($S^2_1 = S^2_2$ y $n_1 \neq n_2$).

4.1.4. Prueba de “F” de Fisher para Altura Total

En el siguiente cuadro se presenta los valores tabulados para la altura total del árbol para las cuatro parcelas y el total de individuos por parcela, datos que sirven de base para el análisis de contraste.

CUADRO N° IV-16 VALORES DE LA ALTURA TOTAL DEL ÁRBOL (m)

N° Arboles	Altura Total (m)				Sumatoria	La media entre arboles
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4		
1	6.0	7.2	5.0	4.3	22.5	5.6250
2	5.1	8.2	4.2	4.8	22.3	5.5750
3	6.9	8.1	5.0	4.5	24.52	6.1300
4	6.7	8.8	3.0	5.2	23.7	5.9250
5	7.3	7.6	4.4	4.1	23.4	5.8500
6	4.8	8.3	3.1	4.6	20.77	5.1925
7	5.7	7.7	3.0	4.7	21.05	5.2625
8	5.0	8.6	4.8	3.8	22.24	5.5600
9	5.5	6.5	4.3	4.3	20.6	5.1500
10	4.8	7.3	3.0	4.0	19.05	4.7625
11	4.6	7.0	5.0	3.9	20.45	5.1125
12	5.6	8.4	4.2	4.8	23.01	5.7525
13	3.9	8.4			12.3	3.0750
14	6.6	7.0			13.6	3.4000
15	6.1				6.06	1.5150
Sumatoria	84.610	108.990	48.950	53.000	295.550	73.888

N° Arboles	Altura Total (m)				Sumatoria	La media entre arboles
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4		
Medias	5.641	7.785	4.079	4.417	5.480	6.157
Varianza (S^2)	0.9279	0.5073	0.7098	0.1797	0.5812	
Desviación típica o Standart (S)	0.9633	0.7122	0.8425	0.4239	0.7355	
Coefficiente de Variación (C.V.)	17.0770	9.1489	20.6530	9.5979	14.1192	8.6209
Varianza entre los individuos						0.5308
Varianza entre parcelas						2.1080
Variabilidad entre y dentro las parcelas						0.2518
Error Standart de la Media (S_x)						5.1427
Media Total						4.961

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

4.1.5. Análisis de Varianza para altura total entre parcelas e individuos

En el siguiente cuadro se presentan los valores calculados con la prueba de Fisher (“F”), para la Altura Total del Árbol.

CUADRO N° IV-17 ANOVA PARA ALTURA TOTAL

Fuentes de Variación Total	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabulado 5 %	F. Tabulado 1%
Suma de Cuadrados Entre Parcelas (SC_{entre})	83.52	3	27.83909438	7.41923669	2.848	4.328
Suma de Cuadrados Dentro (SC_{intra})	100.35	14	7.16796115	0.96613189		
Suma de Cuadrados del Error (SCE)	157.60	12	3.75228552			
Suma de Cuadrados Totales (SCT)	140.76	52				

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Al ser el coeficiente de variación menor al 50 % existe baja dispersión por lo cual la media es buena representante del grupo de datos y de Acuerdo al análisis “F” de Fisher, existen diferencias significativas entre parcelas al 5 % y 1 % y no existe diferencia entre los individuos, para la variable altura, como se muestra en la tabla anterior.

4.1.6. Prueba de “F” de Fisher para Diámetro Altura de Pecho (DAP)

En el siguiente cuadro presentamos los valores tabulados del Diámetro Altura de Pecho (DAP) para las cuatro parcelas y el total de individuos por parcela, datos que sirven de base para el análisis de contraste.

CUADRO N° IV-18 VALORES DEL DIÁMETRO ALTURA DEL PECHO (DAP)

N° Arboles	Diámetro Altura del Pecho DAP (cm)				Sumatoria	Estrato Unico
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4		
1	7.1620	10.1859	6.6845	5.7296	29.7620	7.4405
2	6.3662	10.5042	5.0930	6.0479	28.0113	7.0028
3	7.6394	11.4592	6.6845	6.3662	32.1493	8.0373
4	9.5493	11.1408	3.8197	5.7296	30.2394	7.5599
5	9.5493	10.5042	5.4113	5.8887	31.3535	7.8384
6	7.2256	9.5493	3.9789	5.2521	26.0059	6.5015
7	7.8304	7.0028	4.1380	5.8887	24.8600	6.2150
8	6.0479	11.4592	5.4113	5.0930	28.0113	7.0028
9	7.6394	7.9577	5.8887	6.0479	27.5338	6.8835
10	7.6394	8.1169	4.1380	4.1380	24.0324	6.0081
11	6.3662	8.2761	7.3211	4.7746	26.7380	6.6845
12	8.8490	10.5042	4.9338	5.5704	29.8575	7.4644
13	5.5704	9.8676			15.4380	7.7190
14	7.6394	7.9577			15.5972	7.7986
15	7.4803				7.4803	7.4803
Sumatoria	112.5544	134.4859	63.5028	66.5268	377.0699	107.636488

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

N° Arboles	Diametro Altura del Pecho DAP (cm)				Sumatoria	Estrato Unico
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4		
Medias	7.504	9.606	5.292	5.544	6.986	7.175765868
Varianza (S ²)	1.601	2.173	1.373	0.395	1.386	
Desviación típica o Standart (S)	1.265	1.4741	1.1718	0.6287	1.135	
Coefficiente de Variación (C.V.)	16.864	15.345	22.142	11.341	16.423	2.44629
Varianza entre los individuos						0.17554
Varianza entre parcelas						3.02067
Variabilidad entre y dentro las parcelas						0.0581
Error Standart de la Media (S _x)						6.12011

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

4.1.7. Análisis de Varianza para Diámetro Altura de Pecho (DAP), entre parcelas e individuos

En el siguiente cuadro se presentan los valores calculados con la prueba de Fisher ("F"), para el Diámetro Altura del Pecho (DAP).

CUADRO N° IV-19 ANOVA PARA EL DAP

Fuentes de Variación Total	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabulado 5 %	F. Tabulado 1%
Suma de Cuadrados Entre Parcelas (SC _{entre})	118.28	3	39.42714678	6.630780363	2.848	4.328
Suma de Cuadrados Dentro (SC _{intra})	142.67	14	10.19050504	1.713819188		
Suma de Cuadrados del Error (SCE)	249.74	12	5.946079439			
Suma de Cuadrados Totales (SCT)	225.35	52				

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Al ser el coeficiente de variación (31.45 %), es menor al 50 % existe baja dispersión por lo cual la media es buena representante del grupo de datos y de Acuerdo al análisis "F" de Fisher, existen diferencias significativas entre parcelas al 5 % y 1 % y no existe diferencia entre los individuos, para la variable Diámetro a la Altura de pecho (DAP), como se muestra en la tabla anterior.

4.1.8. Prueba de "F" de Fisher para el Área Basal

En el siguiente cuadro presentamos los valores tabulados del Área Basal para las cuatro parcelas y el total de individuos por parcela, datos que sirven de base para el análisis de contraste.

CUADRO N° IV-20 DATOS DEL ÁREA BASAL

N° Arboles	Area Basal (m ²)				Sumatoria	Estrato Unico
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4		
1	0.0040	0.0081	0.0035	0.0026	0.0183	0.0046
2	0.0032	0.0087	0.0020	0.0029	0.0168	0.0042
3	0.0046	0.0103	0.0035	0.0032	0.0216	0.0054
4	0.0072	0.0097	0.0011	0.0026	0.0206	0.0052
5	0.0072	0.0087	0.0023	0.0027	0.0209	0.0052
6	0.0041	0.0072	0.0012	0.0022	0.0147	0.0037
7	0.0048	0.0039	0.0013	0.0027	0.0127	0.0032
8	0.0029	0.0103	0.0023	0.0020	0.0175	0.0044
9	0.0046	0.0050	0.0027	0.0029	0.0152	0.0038
10	0.0046	0.0052	0.0013	0.0013	0.0124	0.0031
11	0.0032	0.0054	0.0042	0.0018	0.0146	0.0036
12	0.0062	0.0087	0.0019	0.0024	0.0192	0.0048
13	0.0024	0.0076			0.0101	0.0050
14	0.0046	0.0050			0.0096	0.0048
15	0.0044				0.0044	0.0044
Sumatoria	0.0678	0.1037	0.0276	0.0293	0.2284	0.0653

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

N° Arboles	Area Basal (m ²)				Sumatoria	Estrato Unico
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4		
Medias	0.0045	0.0074	0.0023	0.0024	0.0042	0.0044
Varianza (S²)	0.0000020	0.00000472	0.0000010	0.00000027	0.00000200	
Desviación típica o Standart (S)	0.0014087	0.0021728	0.001	0.001	0.00127834	
Coefficiente de Variación (C.V.)	31.154	29.339	43.990	21.325	31.45207920	0.00329541
Varianza entre los individuos						0.00000014
Varianza entre parcelas						0.00000427
Variabilidad entre y dentro las parcelas						0.03359399
Error Standart de la Media (S_x)						0.00849530

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

4.1.9. Análisis de Varianza del Área Basal entre parcelas e individuos

En el siguiente cuadro se presentan los valores calculados con la prueba de Fisher ("F"), para el contraste del Área Basal.

CUADRO N° IV-21 ANOVA AREA BASAL

Fuentes de Variación Total	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabulado 5 %	F. Tabulado 1 %
Suma de Cuadrados Entre Parcelas (SC _{entre})	118.28	3	39.42714678	6.630780363	2.848	4.328
Suma de Cuadrados Dentro (SC _{intra})	142.67	14	10.19050504	1.713819188		
Suma de Cuadrados del Error (SCE)	249.74	12	5.946079439			
Suma de Cuadrados Totales (SCT)	225.35	52				

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Al ser el coeficiente de variación menor al 50 % existe baja dispersión por lo cual la media es buena representante del grupo de datos y de Acuerdo al análisis "F" de Fisher, existen

diferencias significativas entre parcelas al 5 % y 1 % y no existe diferencia entre los individuos, para la variable Área Basal, como se muestra en la tabla anterior.

4.1.10. Prueba de “F” de Fisher para el Volumen

En el siguiente cuadro se presenta los valores tabulados del volumen para las cuatro parcelas y el total de individuos por parcela, datos que sirven de base para el análisis de contraste.

CUADRO N° IV-22 DATOS DEL VOLUMEN

Nº Individuos	Volumen (m ³)				Sumatoria	Estrato Unico
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4		
1	0.0172	0.03300	0.01150	0.00671	0.06844458	0.01711
2	0.0121	0.04243	0.00565	0.00646	0.06668138	0.01667
3	0.0191	0.04357	0.00895	0.00605	0.07762896	0.01941
4	0.0320	0.04203	0.00239	0.00811	0.08453574	0.02113
5	0.0256	0.03062	0.00592	0.00470	0.06685144	0.01671
6	0.0121	0.02632	0.00200	0.00619	0.04661117	0.01165
7	0.0191	0.02084	0.00193	0.00786	0.04969464	0.01242
8	0.0126	0.04828	0.00749	0.00302	0.07140041	0.01785
9	0.0134	0.01867	0.00770	0.00535	0.04512242	0.01128
10	0.0138	0.02812	0.00235	0.00287	0.04712578	0.01178
11	0.0119	0.01872	0.00672	0.00251	0.03982289	0.00996
12	0.0188	0.03841	0.00481	0.00505	0.0671036	0.01678
13	0.0041	0.03384			0.03794473	0.01897
14	0.0200	0.02341			0.04338086	0.02169
15	0.0156				0.01562456	0.01562
Sumatoria	0.2474	0.4483	0.0674	0.0649	0.82797316	0.23904

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Nº Individuos	Volumen (m ³)				Sumatoria	Estrato Unico
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4		
Medias	0.016	0.032	0.006	0.005	0.015	0.016
Varianza (S²)	0.0000429	0.0000966	0.0000094	0.0000035	0.0000381	
Desviación típica o Standart (S)	0.0065515	0.009828	0.003064	0.001865	0.0053272	
Coefficiente de Variación (C.V.)	39.72089	30.69256	54.55448	34.49339	39.8653288	0.02294172
Varianza entre los individuos						0.00000366
Varianza entre parcelas						0.00011798
Variabilidad entre y dentro las parcelas						0.03098899
Error Standart de la Media (S_x)						0.04507622

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

4.1.11. Análisis de Varianza del Volumen, entre parcelas e individuos

En el siguiente cuadro se presenta los valores calculados con la prueba de Fisher (“F”), para el contraste del volumen.

CUADRO N° IV-23 ANOVA DEL VOLUMEN

Fuentes de Variación Total	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabulado 5 %	F. Tabulado 1%
Suma de Cuadrados Entre Parcelas (SC_{entre})	0.0064164	3	0.002138806	41.98837709	2.848	4.328
Suma de Cuadrados Dentro (SC_{intra})	- 0.0003286	14	0.000023473	0.460808951		
Suma de Cuadrados del Error (SCE)	0.0021394	12	0.000050938			
Suma de Cuadrados Totales (SCT)	0.0082272	52				

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Al ser el coeficiente de variación menor al 50 % existe baja dispersión por lo cual la media es buena representante del grupo de datos y de Acuerdo al análisis “F” de Fisher, existen diferencias significativas entre parcelas al 5 % y 1 % y no existe diferencia entre los individuos, para la variable Volumen, como se muestra en la tabla anterior.

4.1.12. Análisis Global

A continuación se presenta un resumen de todos los valores calculados con la prueba de Fisher (“F”) para cada uno de las variables analizadas.

CUADRO N° IV-24 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE CADA UNA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

Variables a Analizar	Factor de Corrección (C.)	Suma de Cuadrados Totales (SCT)	Suma de Cuadrados Entre Parcelas (SC_{entre})	Suma de Cuadrados Dentro (SC_{intra})	Suma de Cuadrados del Error (SCE)	GL _{entre}	GL _{dentro}	Cuadrado Medio Entre Parcelas (CM_{entre})	Cuadrado Medio Dentro (CM_{intra})	Error Residual	F _C	F _{entre}	F _{dentro} 5%	F _{dentro} 1%	Error Standard de la Media (S _e)
ANOVA para Altura Total (m)	1648.1095	140.7618	83.5173	-100.3515	157.5960	3	14	27.8391	7.1680	3.7523	7.4192	0.9661	2.8480	4.3280	5.1427
ANOVA para Diametro a la Altura de Pecho (DAP en m)	2682.6736	225.3497	118.2814	-142.6671	249.7353	3	14	39.4271	10.1905	5.9461	6.6308	1.7138	2.8480	4.3280	6.1201
ANOVA para Area Basal (m ²)	0.0010	0.0003	0.0002	0.0000	0.0001	3	14	0.0001	0.0000	0.0000	23.7213	0.7527	2.8480	4.3280	0.0085
ANOVA para Volumen (m ³)	0.0129	0.0082	0.0064	-0.0003	0.0021	3	14	0.0021	0.0000	0.0001	41.9884	0.4608	2.8480	4.3280	0.0451

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Como se puede observar en la tabla anterior, en todos los casos existen diferencias significativas entre parcelas al 5 % y 1 % y no existe diferencia entre los individuos, para todas las variables en estudio, lo que nos indican que de acuerdo al tipo de terreno y otros factores como el agua afectan la calidad de la plantación.

4.2. Análisis de Correlación

La correlación se refiere al grado de variación conjunta existente entre dos o más variables. En este apartado nos vamos a centrar en el estudio de un tipo particular de relación llamada lineal y nos vamos a limitar a considerar únicamente dos variables simples, que hace al crecimiento y desarrollo de la plantación de *pinus radiata* D. Don en la comunidad de Lajas la Merced, provincia Méndez Tarija.

4.2.1. Análisis de Correlación para Altura Total – Diámetro Altura de Pecho

En el siguiente cuadro se presenta los datos iniciales y los cálculos correspondientes para el análisis de correlación entre la Altura Total y el Diámetro a la altura de Pecho (DAP)

CUADRO N° IV-25 CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN DE ALTURA TOTAL - DAP

Nº Arboles	Altura Total (m)	Diámetro Altura del Pecho (m)	X ²	Y ²	XY
1	5.63	7.44	31.64	55.36	41.85
2	5.58	7.00	31.08	49.04	39.04
3	6.13	8.04	37.58	64.60	49.27
4	5.93	7.56	35.11	57.15	44.79
5	5.85	7.84	34.22	61.44	45.85
6	5.19	6.50	26.96	42.27	33.76
7	5.26	6.22	27.69	38.63	32.71
8	5.56	7.00	30.91	49.04	38.94
9	5.15	6.88	26.52	47.38	35.45
10	4.76	6.01	22.68	36.10	28.61
11	5.11	6.68	26.14	44.68	34.17
12	5.75	7.46	33.09	55.72	42.94
13	3.08	7.72	9.46	59.58	23.74
14	3.40	7.80	11.56	60.82	26.52
15	1.52	7.48	2.30	55.95	11.33
SUMATORIA	73.89	107.64	386.94	777.76	528.97
MEDIA	4.93	7.18			

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}\right) \left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}\right)}}$		
		-0.110458978
	F.Tab = 5 %	0.666
	F.Tab = 1 %	0.798

$$r = (528.97) - \left(\frac{7.89 * 107.64}{15}\right) / \sqrt{\left(386.94 - \left(\frac{(73.89)^2}{15}\right)\right) * \left(777.76 - \left(\frac{(107)^2}{15}\right)\right)} = -0.1104058978$$

$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2}$	-0.053472652
---	--------------

$$b = \left(\frac{528.97 - (15 * 4.9 * 7.18)}{(386.94 - (15 * 4.93^2))} \right) = -0.05472652$$

A la variación de cada unidad de Altura total, el diámetro altura de pecho (DAP) aumenta 0.0534 m

$Y = a + b X$	
$a = Y - bX$	7.44

CUADRO N° IV-26 ANOVA DE LA REGRESIÓN DE ALTURA TOTAL – DAP

Fuentes de Variación Total	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabulado 5 %	F. Tabulado 1%
Total	5.39	14				
Regresión	505.90	1	505.90	12.8631	4.67	9.07
Error	511.29	13	39.33			
COEFICIENTE DE DETERMINACION		0.01220119	1.22			

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Existen diferencias significativas a un 5 % y 1 % el Coeficiente de Determinación: 1.22 %, Significa que el 1.22 % de los cambios en el diámetro altura de pecho DAP (Y) en las parcelas estudiadas, son productos de la alteración de (X) la altura total de árbol.

4.2.2. Análisis de Correlación para Altura total – Volumen

En el siguiente cuadro presentamos los datos iniciales y los cálculos correspondientes para el análisis de correlación entre la Altura Total y el Volumen.

CUADRO N° IV-27 CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN DE ALTURA TOTAL - VOLUMEN

Nº de Unidades	Altura Total (m)	Volumen Total (m³)	X²	Y²	XY
1	5.625	1.7111	31.64	2.93	9.63
2	5.575	1.6670	31.08	2.78	9.29
3	6.130	1.9407	37.58	3.77	11.90
4	5.925	2.1134	35.11	4.47	12.52
5	5.850	1.6713	34.22	2.79	9.78
6	5.193	1.1653	26.96	1.36	6.05
7	5.263	1.2424	27.69	1.54	6.54
8	5.560	1.7850	30.91	3.19	9.92
9	5.150	1.1281	26.52	1.27	5.81
10	4.763	1.1781	22.68	1.39	5.61
11	5.113	0.9956	26.14	0.99	5.09
12	5.753	1.6776	33.09	2.81	9.65
13	3.075	1.8972	9.46	3.60	5.83
14	3.400	2.1690	11.56	4.70	7.37
15	1.515	1.5625	2.30	2.44	2.37
SUMATORIA	73.9	23.9	386.9	40.0	117.4
MEDIA	4.93	1.59			

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}\right)\left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}\right)}}$				
				-0.05763036
			F.Tab = 5 %	0.666
			F.Tab = 1 %	0.798

$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2}$			
			-0.02

A la variación de cada unidad de Altura total, el volumen aumenta 0.02 m³

$Y = a + b X$		
$a = Y - bX$		1.676

CUADRO N° IV-28 ANOVA DE LA REGRESIÓN ALTURA TOTAL - VOLUMEN

Fuentes de Variación Total	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabulado 5 %	F. Tabulado 1%
Total	0.000	14				
Regresión	1.122	1	1.1	12.998	4.67	9.07
Error	1.123	13	0.09			
COEFICIENTE DE DETERMINACION						
	0.003321258		0.33	33.21		

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Existen diferencias significativas a un 5 % y 1 % el Coeficiente de Determinación: 33.21 %, Significa que el 33.21 % de los cambios en el volumen (Y) en las parcelas estudiadas, son productos de la alteración de (X) la altura total de árbol.

4.2.3. Análisis de Correlación para Diámetro Altura de Pecho (DAP) – Volumen

En el siguiente cuadro presentamos los datos iniciales y los cálculos correspondientes para el análisis de correlación entre el Diámetro a la altura de Pecho (DAP) y el volumen.

CUADRO N° IV-29 CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN PARA EL DAP - VOLUMEN

Nº de Unidades	Diámetro Altura del Pecho (m)	Volumen Total (m³)	X²	Y²	XY
1	7.440	1.7111	55.36	2.93	12.73
2	7.003	1.6670	49.04	2.78	11.67
3	8.037	1.9407	64.60	3.77	15.60
4	7.560	2.1134	57.15	4.47	15.98
5	7.838	1.6713	61.44	2.79	13.10
6	6.501	1.1653	42.27	1.36	7.58
7	6.215	1.2424	38.63	1.54	7.72
8	7.003	1.7850	49.04	3.19	12.50
9	6.883	1.1281	47.38	1.27	7.76
10	6.008	1.1781	36.10	1.39	7.08
11	6.685	0.9956	44.68	0.99	6.65
12	7.464	1.6776	55.72	2.81	12.52
13	7.719	1.8972	59.58	3.60	14.64
14	7.799	2.1690	60.82	4.70	16.92
15	7.480	1.5625	55.95	2.44	11.69
SUMATORIA	107.6	23.9	777.8	40.0	174.1
MEDIA	7.18	1.59			

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}\right) \left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}\right)}}$$

	0.809430023
F.Tab = 5 %	0.666
F.Tab = 1 %	0.798

$$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2}$$

	0.49
--	------

A la variación de cada unidad del DAP, el volumen aumenta 0.49 m³

$$Y = a + bX$$

$$a = Y - bX$$

	1.89
--	------

CUADRO N° IV-30 ANOVA DE LA REGRESIÓN DAP - VOLUMEN

Fuentes de Variación Total	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabulado 5 %	F. Tabulado 1%
Total	0.00	14				
Regresión	1.42	1	1.42	12.998	4.67	9.07
Error	1.42	13	0.11			
COEFICIENTE DE DETERMINACION		0.655176962	65.52			

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Existen diferencias significativas a un 5 % y 1 % el Coeficiente de Determinación: 65.52 %, Significa que el 65.52 % de los cambios en el volumen (Y) en las parcelas estudiadas, son productos de la alteración de (X) el Diámetro Altura de Pecho (DAP).

4.2.4. Análisis de Correlación para Área Basal – Volumen

En el siguiente cuadro presentamos los datos iniciales y los cálculos correspondientes para el análisis de correlación entre el Área Basal y el Volumen Total.

CUADRO N° IV-31 CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN PARA EL ÁREA BASAL - VOLUMEN

Nº de Unidades	Area Basal (m ²)	Volumen Total (m ³)	X ²	Y ²	XY
1	0.4566	1.7111	0.21	2.93	0.78
2	0.4190	1.6670	0.18	2.78	0.70
3	0.5397	1.9407	0.29	3.77	1.05
4	0.5159	2.1134	0.27	4.47	1.09
5	0.5213	1.6713	0.27	2.79	0.87
6	0.3668	1.1653	0.13	1.36	0.43
7	0.3184	1.2424	0.10	1.54	0.40
8	0.4381	1.7850	0.19	3.19	0.78
9	0.3788	1.1281	0.14	1.27	0.43
10	0.3112	1.1781	0.10	1.39	0.37
11	0.3641	0.9956	0.13	0.99	0.36
12	0.4791	1.6776	0.23	2.81	0.80
13	0.5042	1.8972	0.25	3.60	0.96
14	0.4779	2.1690	0.23	4.70	1.04
15	0.4395	1.5625	0.19	2.44	0.69
SUMATORIA	6.5	23.9	2.9	40.0	10.7
MEDIA	0.44	1.59			

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}\right) \left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}\right)}}$$

	0.850473277
F.Tab = 5 %	0.666
F.Tab = 1 %	0.798

$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2}$		
	4.29	

A la variación de cada unidad del Área Basal, el volumen aumenta 4.29 m³

$Y = a + b X$		
	-	0.28

CUADRO N° IV-32 ANOVA DE LA REGRESIÓN AREA BASAL - VOLUMEN

Fuentes de Variación Total	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabulado 5 %	F. Tabulado 1%
Total	0.00	14				
Regresión	136.86	1	136.86	13.000	4.67	9.07
Error	136.86	13	10.53			
COEFICIENTE DE DETERMINACION						
		0.723304794	72.33			

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Existen diferencias significativas a un 5 % y 1 % el Coeficiente de Determinación: 72.33 %, Significa que el 72.33 % de los cambios en el volumen (Y) en las parcelas estudiadas, son productos de la alteración de (X) el Área Basal.

4.3. Análisis cualitativo

Las variables cualitativas tienen por lo general algún grado de subjetividad y requieren de constante entrenamiento y unificación de criterios. En la metodología se ha tratado en lo posible de ajustar las variables a un sistema de calificación dando valores a cada uno de ellos. El conjunto de estas variables cualitativas se resumen en una variable común denominada calidad, que se asigna a cada una de las variables estudiadas.

El mantenimiento de la plantación, el cual engloba tres aspectos importantes como ser; a) Estado del control de malezas; b) Cuidado sanitario adecuado de la plantación; y c) Estado de las cercas (cuando aplica) son importantes en la evaluación cualitativa.

En el siguiente cuadro se presentan un resumen de los valores que se asignaron a cada variable identifica en campo:

CUADRO N° IV -33 TERMINOS DE REFERENCIA PARA LAS EVALUACIONES CUALITATIVAS

CUADRO DE REFERENCIA PARA LAS EVALUACIONES CUALITATIVAS			
H.F.L.	Altura del fuste limpio	Fenologia	Floracion 1, Fructificacion 2
D.A.P.	Diametro a la altura del pecho	Poda natural	Con copa 1, Sin poda 2
D. a 1/2 h	Diametro a media altura del arbol	Vigor	Clorosis 1, Marchitez 2, Humanos 3
Rectitud	Recto 1, Sinuoso 2	Daños	Animales 1, Climaticos 2, Humanos 3
Forma	Liso 1, Curvado 2, Retorcido 3, Nudoso 4	Anomalias	Torcedura basal 1, Bifurcacion 2,
Cobertura de copa	Muy densa 1, Normal 2, Semidensa 3, Muy rala 4	Sanidad	Sano 1, Enfermo 2

Fuente: CATIE (2002)

4.3.1. Evaluación de la calidad del fuste

La rectitud del fuste debe se calificó observando el árbol desde su base hacia su copa, girando a su alrededor para poder verificar sus lados.

En las parcelas en algunos árboles, se ha observado torceduras en el fuste, esto puede ser debido a la de presencia de horizontes duros en el suelo, o a la poca profundidad del suelo, el cual tiene pedregosidad cuyos valores se presentan más adelante en la descripción del suelo.

Los parámetros considerados para la evaluación de la rectitud fueron os siguientes:

- Rectitud "1" es aquel árbol que se asemeja a los fustes utilizados como poste eléctrico.
- Rectitud "2" es aquel árbol que presenta torceduras o alabeos leves, que definitivamente disminuirán el rendimiento.
- Rectitud "3" es aquel árbol que presenta torceduras tan severas que, definitivamente no permite obtener ninguna pieza de madera a partir de un corte longitudinal de una sierra.

Las arboles fueron calificados en forma individual con respecto a la rectitud, observándose que el 40 % de los árboles son rectos y reciben una calificación de 1 y el 60 % restante tiene una calificación de 2 sinuoso, como se presenta en el cuadro siguiente:

CUADRO N° IV 34 EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA CALIDAD DEL FUSTE

N° de arbol	Rectitud	Forma	Sanidad	Poda	Vigor
1	Recto (1)	Curvado (2)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
2	Recto (1)	Curvado (2)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
3	Recto (1)	Nudoso (4)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
4	Recto (1)	Nudoso (4)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
5	Sinuoso(2)	Curvado (2)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
6	Recto (1)	Nudoso (4)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
7	Sinuoso(2)	Retorcido (3)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
8	Sinuoso(2)	Retorcido (3)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
9	Sinuoso(2)	Nudoso (4)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
10	Sinuoso(2)	Curvado (2)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
11	Sinuoso(2)	Nudoso (4)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
12	Recto (1)	Curvado (2)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
13	Sinuoso (2)	Retorcido (3)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
14	Sinuoso (2)	Retorcido (3)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)
15	Sinuoso (2)	Curvado (2)	Sano(1)	Sinpoda(2)	Normal(3)

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Otra de las variables evaluadas de forma cualitativa fue los daños mecánicos, que son anomalías que se detectaron en el fuste, producto de malas prácticas silviculturales realizadas en la plantación: En nuestras parcelas de estudio la sanidad de los árboles son buenas ya que el 99 % son calificados como sanos, tienen un vigor normal y no tienen podas.

4.3.2. Evaluación de la ramificación, anomalías de crecimiento, fenología y daños causados

Otros parámetros considerados en la evaluación cualitativa, son la ramificación del árbol, anomalías de crecimiento, fenología y daños causados por el manejo de la plantación.

El cuadro N° 35, se muestra que el 70 % de los árboles de la plantación tienen ramas, el 20 % de los árboles tienen 4 ramas y 13.3 % de los árboles tienen 6 ramas, de igual manera el 70 % de los árboles de la plantación son árboles que presentan ramas delgadas (diámetro > 2 cm), las cuales forman nudos medianos y poco profundos que merman la calidad del árbol, lo cual indica que los árboles con ramas delgadas se distribuyen en forma homogénea por toda la plantación.

De igual manera el cuadro N° 35, indica que en promedio el 75% de los árboles de la plantación tienen un ángulo de Inserción de ramas Tipo 2 (<45°). Este ángulo de inserción

de la rama en el fuste pudo tener origen genético por lo que será importante seleccionar su procedencia, esta característica es común en los árboles de plantaciones de la zona.

CUADRO N° IV 35 EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA PLANTACIÓN

N° de arbol	Ramificacion N° ramas	Anomalias de crecimiento	Fenología	Daños
1	3	Torcedura basal (1)	Floracion(1),Fructificacion(2)	Climaticos(2)
2	3	Torcedura basal (1)		Climaticos(2)
3	6		Floracion(1)	Climaticos(2)
4	3			Climaticos(2)
5	3	Torcedura basal (1),Inclinado (3)		Climaticos(2)
6	3		Floracion(1),Fructificacion(2)	Climaticos(2)
7	3	Inclinado(3)		Climaticos(2)
8	3	Torcedura basal (1),Inclinado (3)		Climaticos(2)
9	3	Inclinado(3)		Climaticos(2)
10	6	Torcedura basal (1),Inclinado (3)		Climaticos(2)
11	3	Torcedura basal (1),Inclinado (3)		Climaticos(2)
12	4	Inclinado(3)		Climaticos(2)
13	4	Inclinado(3)	Floracion(1),Fructificacion(2)	Climaticos(2)
14	2	Torcedura basal (1),Inclinado (3)		Climaticos(2)
15	4	Inclinado(3)		Climaticos(2)

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Referente a los daños, se muestra que el 10 % de los árboles de la plantación presentan algún tipo de daño en el fuste, posiblemente originados por actores climáticos (granizada) y por la caída de ramas de partes superiores que van dañando al fuste en su trayecto, estos árboles con daño están dispersos en la plantación.

El cuadro N° 35, indica que el 98,4% de los árboles de la plantación son árboles sanos, los pocos individuos enfermos que se encontraron, se debía, a que presentaron inclinación del árbol (6 árboles) y otros malformaciones como cola de zorro (2 árboles).

4.3.3. Evaluación de la calidad del suelo

Para la medición de la calidad del suelo en el área de estudio se utilizaron indicadores sensibles al deterioro o a la recuperación. Estos indicadores permiten expresar el estado actual del suelo y su tendencia. Este análisis se realizó tomando en cuenta las propiedades físicas, químicas y biológicas que fueron medidas cualitativa y cuantitativamente (en campo y en laboratorio).

El trabajo de campo se desarrolló a través de un Estudio del perfil del suelo, estableciendo primeramente información general del suelo, como: Material Originario, geomorfología, Drenaje, Humedad del suelo, Profundidad del suelo, Pedregosidad, Afloramientos rocosos, Evidencias de erosión, cobertura vegetal y Salinidad

Apertura de la calicata

Para la apertura de la calicata fue necesario eliminar, en primer lugar, las hierbas, matas y restos orgánicos que cubrían el suelo. La calicata aventurada tuvo una profundidad de un metro alcanzándose la roca madre ya que la plantación se encuentra en una ladera. Se dejó tres paredes verticales describiendo el suelo en la pared opuesta.

Se las fotos de la calicata en el momento de la descripción. La orientación de la parcela fue de cara al sol o sea que incidió en la pared muestreada.

El tamaño de la calicata fue de son de 1 m ancho y 1 m de largo y una profundidad de 1 m como se muestra en la imagen.



Descripción del perfil

Una vez excavada la calicata se describió, las características esenciales, se identificaron los horizontes y los aspectos relevantes de cada horizonte.

Diferenciación de horizontes

El estudio del perfil del suelo y la toma de muestras del mismo se basó en la diferenciación e identificación de los horizontes que lo forman, teniendo por lo tanto esta operación gran importancia.

La diferenciación de horizontes fue realizada y fundamentada, sobre todo, en: el color de los horizontes, la pedregosidad, el grado de presencia de raíces o la ausencia de ellas, la textura al tacto y la estructura de las diferentes capas, así como cualquier rasgo que nos pudiera indicar la presencia de cambios, la descripción nos permitió diferenciar tres horizontes como se muestra en la figura:



El color en seco y húmedo va desde 10YR 4/2 gris muy oscuro hasta 10YR 6/3 pardo pálido en seco y un color 10YR 5/2 pardo grisáceo en húmedo.

El horizonte A, tiene un espesor de 5 cm con cubierta vegetal y gran cantidad de raíces de pastos, textura arenosa al tacto.

El horizonte B: Tiene un espesor de 15 cm, de textura arenosa con concreciones de piedra pequeñas (ripio)

El horizonte C: tiene un espesor de 80 cm, con mayor concreción de piedras (grandes) y muy duro de textura arenosa.

La pedregosidad del suelo afecta considerablemente a las propiedades hídricas del perfil del suelo, la densidad aparente y el desarrollo radicular de la plantación.

Los parámetros físicos del suelo estudiados, se presenta en el cuadro siguiente:

CUADRO N° IV 36 EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA CALIDAD DEL SUELO A TRAVÉS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

PROPIEDADES DEL SUELO	PLANTACION		CALIDAD DEL SUELO
	Valores de campo	Clase	
Pendiente %	40	2	B
Prof. Efec. suelo cm.	30	3	
Textura	Arena Franca	L2	
pH	6.4	1	
Pedregosidad %	10 al 90	2	

CALIDAD B.- Sitios con media calidad de suelos para desarrollo forestal

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Las pendientes son moderadas de hasta un 40 %, la profundidad efectiva del suelo es delgada (30 cm). Presenta una erosión moderada en la superficie hasta severa. A esta profundidad se aprecia una condición textural arenosa, recibiendo una calificación de L2.

En base a estos valores determinados en campo y de acuerdo a la metodología se determina que el suelo de la plantación evaluada son suelos de mediana calidad, aptos para desarrollo forestal.

4.3.3.2. Parámetros químicos

Una vez descrito el suelo a través de la calicata se procedió a tomar la muestra para llevarlo a laboratorio y analizar los parámetros químicos la muestra se tomó a una profundidad de 0-30 cm, para el contenido de materia orgánica su valor es de 5.9 % ubicándose en un nivel alto (> a 3 %). La capacidad de intercambio catiónico con un nivel bajo (< 12 Meq 100g-1).

Al determinar las propiedades químicas del suelo de 0 - 30 cm se encontró que el potencial de hidrógeno (pH) fluctúa entre ligeramente ácido hasta ligeramente alcalino; los contenidos nutricionales: el nitrógeno total son altos (> 30.00 mg L-1); el fósforo es pobre (<30.00 mg L-1); el potasio alto (> 0.64 Meq100g-1), como se muestra en la siguiente cuadro.

CUADRO N° IV 37 EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA CALIDAD DEL SUELO A TRAVÉS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

COMPONENTES DEL SUELO	PLANTACION	
	Valor de Lab.	Calificacion
M.O. (%)	5.9	Alto
Nt ppm.	3238	Alto
P ppm.	1.0	Muy pobre
K ppm.	106.3	Alto
pH	6.4	Acido

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Los suelos de la localidad de Lajas la Merced, tiene un pH ligeramente ácido, influenciado por el nivel de precipitación en la zona. Los valores de CIC en el área de estudio es bajo, siendo una limitante para retener una gran cantidad de cationes de los nutrientes en concordancia con los resultados de textura franco arenosa que registra un valor de 3.2 Meq 100 g-1. En conclusión y en base a estos datos podemos decir que los suelos del área de plantación tienen una fertilidad moderada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Existe buena sobrevivencia de los individuos en la plantación, pero no un buen desarrollo cuantitativo ni cualitativo, según los indicadores analizados. El porcentaje de sobrevivencia en la plantación fue de 98 %.
2. Las diferentes variables estudiadas (Altura total 5,48 m, DAP 6,98 cm, área basal 0,42 m² y volumen 1,59 m³) 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 Pino (*Pinus radiata*) realizada en la comunidad de Tucumillas Provincia Méndez, la cual nos muestra una altura media de 3,59 m, diámetro 5,81 cm, área basal 0,9095 m², y un volumen de 1,6186 m³, pero de acuerdo a estos datos la calidad de esta plantación es considerado bajo, tomando en cuenta las condiciones en las cuales se desarrollan las plantaciones.
3. El análisis de correlación desarrollado para altura-DAP, Altura-Volumen, DAP-Volumen y Área basal- Volumen muestra diferencias significativa al 5 % y al 1 %, con coeficientes de determinación que van desde 1,2 a 75 %, lo que demuestra la dependencia de las variables estudiadas.
4. Comparando los incrementos volumétricos medios anuales obtenidos en nuestra evaluación con los correspondientes a la evaluación realizada en la plantación de Tucumillas en el año 2000, se tiene que nuestros valores superan en un 30 % a los valores obtenidos en las plantaciones de Tucumillas, pero no así con las correspondientes a las plantaciones vistas en España o Argentina, de acuerdo a revisión bibliográfica, donde el crecimiento medio anual más frecuente es de 8 y 10 m³/ha/año, y en nuestros medios oscilan entre 0,1 y 2 a 3 m³/ha/año.
5. Los parámetros físicos como altitud, profundidad efectiva del suelo, la textura y pedregocidad se constituyen en los factores físicos determinantes en el bajo crecimiento y productividad de la especie de *Pinus radiata*, y el contenido de nitrógeno, fosforo y potasio fueron parámetros químicos que son preponderantes en la fertilidad del suelo, los

cuales son buenos en el área de estudio. Las asociaciones de los parámetros que influyen en la productividad de la plantación son, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y potasio, los cuales son elevados en la parcela.

6. Considerando la pendiente estimada 40 %, y el área desprovista de vegetación que se sitúa en la zona más elevada, son susceptibles a procesos de erosión, donde se propone realizar la reforestación, con especies nativas en las épocas lluviosas.

RECOMENDACIONES

1. Para mejorar el volumen, la calidad y el valor de la plantación de Pino (*Pinus radiata* D Don) en nuestro medio, será necesario realizar lo más rápido posible las tareas de poda, esta actividad permitirá incrementar las características cuantitativas y mejorar las cualitativas.
2. Se recomienda realizar un programa de seguimiento y mantenimiento ordenado y sistemático de las plantaciones en estudio y de otras.
3. Evitar los programas de reforestación homogéneos o rodales puros esencialmente de los géneros de Eucaliptus y Pino, debido a que éstos no cumplen a cabalidad las funciones de protección, recreo reservorio que debe cumplir todo tipo de bosque.
4. Recomendamos el uso de especies exóticas de rápido crecimiento solo en asociación con especies nativas que tiene como característica fundamental un alto aporte de nitrógeno al suelo.