

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Plantaciones forestales

Las plantaciones se definen como aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación, estas pueden ser especies introducidas o especies nativas que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha, una cubierta de copa de al menos 10 por ciento de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m. (FAO 2002).

1.2 Propósito de las plantaciones en el ámbito mundial

Las plantaciones de árboles tiene una importancia creciente en el mundo, para satisfacer las necesidades de madera y productos que requiere la población mundial en constante crecimiento, y para mejorar los niveles de vida, como así mismo para contrarrestar la menor disponibilidad de madera y otros productos forestales provenientes de los bosques naturales. También se necesitan plantaciones en los casos en que se desea rehabilitar zonas despojadas de vegetación arbórea, como paramos afectados por la salinidad, y donde se necesita especies de rápido crecimiento para recuperar la cubierta vegetal como, por ejemplo, en el caso de protección de cuencas, represas y canales, o la estabilización de laderas o arenas móviles.

Por lo tanto, el recurso de bosques artificiales ha seguido aumentando en años recientes, siguiendo la tendencia de las dos últimas décadas. A nivel mundial, se han convertido a otros usos o se han perdido por causas naturales 13 millones de hectáreas de bosques anuales entre 2000 y 2010, no existe una cifra global precisa de zonas reforestadas, pero ya en 2010 se añadió alrededor de siete millones de hectáreas de nuevos bosques, cada año en países que perdieron gran parte de sus bosques, cifra que ha seguido creciendo a medida que los planificadores y quienes elaboran las políticas, reaccionan ante la creciente escasez de oferta de madera de los bosques naturales. (Valdivia, 1998)

1.3 Plantaciones forestales en Bolivia

De acuerdo con reportes de FAO/PAF-BOL (2001), basado en datos oficiales las plantaciones en Bolivia ascienden aproximadamente a 20.000 ha. Otros autores indican que en Bolivia existen 40.000 ha (FAO (López 2004) y Sandoval 2006)).

Las plantaciones forestales en Bolivia ascienden aproximadamente a 20.000 has. (FAO/PAFBOL 2001), sin embargo otros autores indican que en Bolivia existen 40.000 has. (FAO (López 2004) y Sandoval 2006). Por otra parte Muños (2001), tomando como referencia el periodo 1970 – 1998 indica que el Departamento que ha realizado una mayor superficie de plantaciones es el Departamento de Cochabamba con el 54% del total, seguido por Chuquisaca con el 37%, Tarija con el 6% y Potosí con el 3% del total, donde las especies más utilizadas fueron el Eucalyptus sp, el Pinus sp y otras especies nativas en menor proporción.

A partir del año 1990 el interés por el establecimiento de plantaciones se trasladada a la región tropical del país, donde productores del área rural vienen estableciendo plantaciones forestales para la producción de madera, especialmente en la zona norte del Departamento de Santa Cruz y el trópico de Cochabamba. Muchos de estas plantaciones están siendo establecidas por iniciativa propia y otros impulsados por instituciones de desarrollo.

1.4 Plantaciones forestales en Tarija

Uno de los grandes problemas detectados en el Departamento de Tarija y establecimiento de las plantaciones forestales ha comenzado a tomar fuerza, especialmente con la creación del Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras (PERTT). Especialmente dentro del área de estudio es la falta de información silvicultural sobre el comportamiento de las especies utilizadas en plantaciones como ser: condiciones de sitio, manejo de las plantaciones, crecimiento y rendimiento, donde este tipo de información en el medio local aún no existe, convirtiéndose en una limitante para los futuros establecimientos de proyectos de plantaciones forestales a escala comercial.

1.5 Deforestación en Bolivia

Un análisis de la tasa de deforestación realizado por Rojas et al. (2003), en el periodo 1993 – 2000 encontraron que la superficie deforestada para el año 1993 es de 2.125.334 ha en cambio la superficie para el año 2000 fue de 4.017.676 ha, reflejando un aumento de la deforestación de 1.892.332 ha, y un promedio de 270.333 ha/año en un periodo de 7 años. Existiendo un aumento considerable de la superficie deforestada en un 89% con respecto a la superficie determinada para el año 1993.

La tasa nacional de desmonte es de 168.012 hectáreas por año, para un período de 18 años entre 1975 y 1993, de las cuales 100.000 hectáreas se atribuían a la expansión de la frontera agrícola en las tierras bajas del este de Bolivia, esto por ser la región con los mejores suelos de aptitud agrícola que tiene el país (MDSMA 1995, citado por Rojas et al. 2003).

1.6 CARACTERÍSTICAS BOTANICAS DEL *Pinus radiata* D.Don.

1.6.1 Clasificación Taxonómica

Reino:	Vegetal
Phylum:	Telemophytae
División:	Tracheophitae
Subdivisión:	Gimnospermae
Orden:	Coniferales
Familia:	Pinaceae
Nombre científico:	<i>Pinus radiata</i> D. Don.
Nombre común:	Pino

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

1.6.2 Descripción botánica

1.6.2.1 Porte

Fotografía N° 1

Porte del *Pinus radiata* D.Don.



Fuente: silvicultura.wikispaces.com

El *Pinus radiata* D.Don. Es un árbol que alcanza una altura 60m y cuyo tronco por lo general puede sobrepasar los 100 cm de diámetro en arboles maduros. El sistema radicular es potente con raíces laterales bien desarrolladas y muy extendidas.

Las ramas crecen en verticilos muy persistentes y en relación al fuste están insertadas con ángulos que van de 30 a 90 grados y encorvados hacia el ápice. Cuando joven ofrece un aspecto de candelabro, ya maduro presenta copa amplia redondeada con

fuertes ramas. En plantaciones adquiere porte estrecho y ramas delgadas dirigidas hacia arriba (Balanza 2001).

1.6.2.2 Corteza y Madera

La corteza para diámetros de fuste de hasta de unos 16 cm es lisa, gris, verdosa a gris, señalada por cicatrices persistentes por escamas.

Para diámetros mayores: dividida irregularmente por grietas y fisuras toscas, hasta unos 8 cm de espesor (Soruco, 2001).

Fotografía N° 2

Corteza y madera del *Pinus radiata* D.Don.



Fuente: es.wikipedia.org

1.6.2.3 Follaje

Fotografía N° 3

Acículas



Fuente: arbolespain.blogspot.com

Fotografía N° 4

Follaje del *Pinus radiata* D.Don.



Fuente: desert-tropicals.com

Presentan ramas verticales, con brotes erectos que soportan tres hojas o agujas ocasionalmente 4 a 5 en la edad de joven, que aparece en agrupaciones densas en los

extremos de las ramas, envueltas en el fascículo o vaina morena persistente de 8 a 12 mm de ancho que se desgarrar con el tiempo. Las acículas persisten de 3 a 4 años en el árbol, son de color claro cuando nuevas, con el tiempo se forman verdes oscuras. Son delgadas, mide de 7 a 20 cm de longitud con el margen fuertemente dentado y terminado en un ápice finamente aguzado (Vidal J. 1962).

1.6.2.4 Órganos de Reproducción

Fotografía N° 5

Inflorescencia del *Pinus radiata* D.Don.



Fuente: es.wikipedia.org

El *pinus radiata* D.Don es monoico con vástagos floríferos masculinos (microstobille) y femeninos (magastrobilli), siempre unisexuales. Los amentos masculinos están compuestos por flores esta minadas insertadas en espiral, son productores de polen. Los estróbilos femeninos se componen de escamas seminíferas y tectrices: en estas últimas y en su base se encuentran el primordial seminal donde se forman los óvulos. Luego de la fertilización con el cono (estróbilo) adquiere desarrollo y las escamas leñosas se cierran fuertemente permaneciendo comprimidas una con otras, hasta la madurez, aprisionando en su interior la semilla (Mittak W. L.,1978)

1.6.2.5 Conos

Fotografía N° 6

Órganos de reproducción (conos) del *Pinus radiata* D.Don



Fuente: pixabay.com

Son de forma oval cónicos, de consistencia leñosas solitarios o más frecuentemente como arracimado en número de 2 a 5 rodeando la rama. Sésiles o cortamente pedicelados, con pedúnculo corto, curvo o grueso de forma asimétrica, que algunas veces permanecen en el árbol por varios años.

Grueso en la cabeza y en el medio adelgazado hacia la extremidad adquiere un tamaño de 5 a 20 cm de longitud con un diámetro de 6 a 10 cm en su parte más amplia. Las brácteas o escamas son espesas, desiguales y leñosas, adquiere un color rojo reluciente en su parte externa, con una apófisis saliente y desarrollada (vidal J. 1962).

1.6.2.6 Semilla

Fotografía N° 7

Semilla del *Pinus radiata* D.Don.



Fuente: pixabay.com

Cada cono contiene aproximadamente 200 semillas, las mismas que son de color gris pálido a negro y provistas de un ala grande.

1.7 CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

1.7.1 Descripción organoléptica

- **Color:** Es de color blanco, con transición gradual a duramen de color amarillo pálido, aumentando su intensidad a marrón muy pálido.
- **Olor:** Características a madera resinosa, fragante cuando está fresca.
- **Sabor:** Ausente o no distintivo.
- **Brillo:** Mediano
- **Grano:** Recto
- **Textura:** Fina.
- **Veteado:** Suave con líneas longitudinales oscuras.

1.7.2 Descripción anatómica

Podemos indicar que posee traqueidas verticales con puntuaciones en número de 2 a 6, radio traqueidas numerosas dentadas. Radios leñosos con células de paredes delgadas y poco punteadas, canales resiníferos verticales finos repartidos en todo el anillo.

Microscópicamente presenta anillos de crecimiento muy notorios y anchos, con paso gradual entre madera de primavera y verano.

Dentro de sus características mecánicas apuntamos que no se agrieta ni se tuerce con cambios de humedad y seca fácilmente. Su peso específico es de 0,49 kg/dm³.

1.7.3 Uso de la madera

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

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

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

Con el procesamiento de subproductos o desechos como aserrín, viruta se pueden obtener briquetas para su uso como combustible (Balanza 2001).

1.7.4 Ventajas y desventajas

Según los usos a que se destina la madera de *Pinus radiata* D. Don, las ventajas que nos ofrece son la buena forma del fuste, usualmente bastante derecho y uniforme en su conicidad. Al ser de edad similar en plantaciones, el rango de sus diámetros en cuanto a su variación relativa, es menor que en caso de las trozas provenientes de bosques naturales.

Por el lado de las desventajas, las trozas son a menudo de menor tamaño que las maderas duras tradicionales; los árboles mantienen sus ramas hasta la madurez y a menos que sean podados la madera es nudosa. Las ramas pueden estar inclinadas con un cierto ángulo respecto al tronco, lo que da como resultado la existencia de nudos ovalados. En caso raro se puede dar que el nudo este rodeado de corteza y no integrado firmemente a la madera circundante, lo que hace que tenga tendencia a caerse durante las operaciones de secado o aserrado (Balanza 2001).

1.8 FACTORES ECOLÓGICOS. (CARACTERES CULTURALES)

1.8.1 Distribución

Nativo de Estados Unidos de Norte América, se lo encuentra en el estado de California, sobre la Bahía de Monterrey, en las proximidades de San Luis y Santa Bárbara, prolongándose por la baja California siempre en una faja costanera de clima templado

y dentro de un ambiente marítimo, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 330 metros (Balanza 2001).

También se encuentran existencias naturales a unos 800 kilómetros al sur del límite del área principal de su distribución, en la Isla Guadalupe, frente a México.

Este pino dentro de su área natural, en el hemisferio norte, se lo considera una especie de importancia secundaria, al someterlo a cultivo fuera de dicha área se ha convertido en árbol de primera importancia económica como en los países de Australia, España, Chile, Nueva Zelandia y Sud África, donde se encuentra en más de 250000 hectáreas de plantaciones.

1.8.2 Clima

Esta especie tiene su habitat natural en climas templados con inviernos benignos, con mínimas absolutas de -6°C y temperaturas máximas de 43°C y con una media anual superior en todos los casos de 10°C . Soporta heladas siempre que no sean extemporáneas, respecto a la humedad vive en ambientes húmedos con precipitaciones comprendidas entre 375 y 1.300 mm anuales, no soporta sequias fuertes, la especie resiste bien a la brisa pero no al empuje de vientos los que han dado lugar a serias pérdidas por abatimiento de árboles en razón a su inestabilidad radicular (Salinas y Gómez, 1978).

1.8.3 Suelos

Respecto a los suelos que prefiere el *Pinus radiata* D.Don podemos puntualizar los siguientes requerimientos:

- Prospera bien en suelos derivados de roca madre de diversa naturaleza.
- La profundidad del suelo debe ser superior a 70 cm para que los arboles alcancen su altura normal.
- Crece mejor en suelos livianos, los muy arcillosos y sin adecuada aireación afectan su desarrollo.

- No requiere un PH determinado.
- No soporta suelos mal drenados.
- Es una especie de pisos bajos.

1.8.4 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.

Ramos F.J. (1979), indica que el sistema radical es poco profundo, la raíz principal no suele pasar de los 60 cm, raíces naturales someras e incluso al ras del suelo, en general el sistema radical es poco desarrollado en comparación a la copa.

1.8.5 Temperatura

Especie de media luz, sus plantas soportan cubierta arbórea, helechos u otros matorrales durante los tres primeros años, pero después requieren luminosidad y sus pies en estado fustal no soportan cubierta.

Presenta tolerancia intermedia a sombrearla, siendo en general más tolerante que la mayoría de los pinos (Balanza 2001).

1.8.6 Crecimiento

En mediciones hechas en bosques situados en Arauco (Argentina) esta especie a los 26 años alcanza una altura media de 33 m, diámetro de 30 a 40 cm, y un incremento en volumen de 35 m³/ha/año a una densidad de 1600 árboles por hectárea.

En España, es considerada esta especie 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 a 10 m³/ha/año (Ramos F.J,1979).

1.8.7 Patología

Dentro del interés en patología forestal, han sido reportadas más de 100 especies de hongos asociados con enfermedades y alteraciones en la madera de *Pinus radiata* D. Don siendo calificados tales hongos como parásitos obligados, facultativos o micorrizogeno: a parte se incluye enfermedades en viveros, particularmente el Damping – off también conocido como mal o peste de semilleros, con pudriciones radiculares en plantitas, enfermedades foliares y de ramillas, ramas, troncos y raíces: pudriciones del duramen, y otras enfermedades causadas por diversos agentes.

En el siguiente cuadro podemos resumir los hongos causantes de Damping – off en lugares de donde fueron reportados.

CUADRO N° 1 Hongos causantes del Damping - off

HONGOS	PAIS
<i>Alternaria sp – Fusarium oxysporum</i>	España – Chile
<i>Pestalotia funérea – Botrytis cinerea</i>	N. Zelandia – E.E.U.U.
<i>Rhizoctonia solani – Phytophthora cactorum</i>	Nueva Zelandia
<i>Phytophthora cinnamomi – Pythium ultimum</i>	Nueva Zelandia
<i>Rhizoctonia sylvestris</i>	Gran Bretaña

1.8.8 Enfermedades foliares

Comparativamente con otros pinos, al *Pinus radiata* D. Don. Se lo conoce escasos agentes patógenos foliares, los cuales se los considera poco dañinos.

Amarillamientos de agujas, en bandas han sido atribuidas a infecciones por *Lophodermium Scirrhia*, así como a efectos de sequias, frío, mal drenaje del suelo y contaminaciones atmosféricas (Balanza 2001).

1.8.9 Micorrizas

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

Estos hongos altamente especializados, durante su desarrollo penetran las raicillas de las plántulas cambiando su forma y tamaño. Ellos obtienen de las plantas los azúcares que son incapaces de metabolizar por sí mismos, trasladando a las plántulas nutrientes de difícil movilidad gracias a sus largas hifas.

Son numerosas las especies de hongos que han sido reportadas en asociaciones micorrizicas con *Pinus radiata* D. Don, pero de estas únicamente *Boletus luteos* y *Conococcum Granifome* han sido confirmados como micorrizicos experimentalmente por la técnica de cultivos puros (Ramos F.J., 1979).

1.9 PRÁCTICAS DE MANEJO EN PLANTACIONES FORESTALES

Las prácticas de manejo en plantaciones forestales están dirigidas a aumentar el volumen y la calidad de madera producida, por lo tanto se debe evaluar los efectos de los tratamientos en el crecimiento, para encontrar la manera de estimar la productividad potencial.

A continuación puntualizaremos las técnicas silviculturales más importantes para la especie en estudio (Wadsworth 1997).

1.9.1 Aclareo

La corta parcial de árboles en rodales inmaduros se la conoce como aclareo. El aclareo es la primera intervención que tiene como objeto mejorar el estado sanitario del rodal y facilitar la accesibilidad dentro del mismo para las próximas operaciones silvícolas. Se ha fijado de manera tentativa para el *pinus radiata* D. Don., el rango de altura de 4 a 6 mts como indicador de la necesidad de intervenir. Esta operación estará acompañada por una poda de todos los árboles remanente a una altura de 2,5 mts .

Los métodos de aclareo se distinguen por la eliminación o corta parcial de las distintas clases de vuelo del rodal; estas son: dominantes, codominantes, intermedios y oprimidos (Grijpma, 1990).

1.9.1.1 Métodos de aclareo

- **Aclareo ascendente o inferior.-** tiene como principio la extracción de los árboles de las clases del vuelo más pobres, los oprimidos primero y después trabaja hacia arriba en las clases superiores.
- **Aclareo descendente o superior.-** se fundamenta en cortar individuos en las clases de vuelo superiores para favorecer el crecimiento de los individuos más prometedores de estas mismas clases.
- **Aclareo selectivo.-** Con este método se extraen los mayores y mejores dominantes y los suprimidos antes de que sean una pérdida total con el fin de estimular el crecimiento de las clases inferiores.
- **Aclareo mecánico.-** En este método, los árboles que se van a cortarse escogen sobre la base de un espaciamiento determinado a una escasa o ninguna consideración de su posición en el vuelo de copas.

1.9.2 Raleo

El raleo como técnica silvicultural se fundamenta en la eliminación de una parte de los árboles de un determinado rodal, para lograr estimular el crecimiento y mejorar cualitativamente aquellos árboles que permanecen, así mismo, asegurar el buen estado sanitario del rodal. Con esta medida se podrá aprovechar el potencial máximo de producción en relación al sitio y de esta manera anticipar algunos ingresos mediante el uso o transformación de los productos intermedios que se obtiene del manejo.

El raleo puede definirse cualitativa y cuantitativamente, un raleo cualitativo precisa la clase de árboles (según jerarquía y calidad del árbol) que deben permanecer en el rodal: el segundo (método de raleo numérico) expresa la cantidad de árboles que se debe eliminar en el rodal según el espaciamiento requerido por el árbol a cada una de las edades de la plantación.

Se distinguen cuatro tipos diferentes de raleo, métodos que se han desarrollado en distintos países, para determinar que arboles deben favorecerse y extraerse.

- Raleo por lo alto
- Raleo por lo bajo
- Raleo selectivo
- Raleo sistemático

La determinación de la época propicia para efectuar el raleo puede basarse en tres puntos: aspectos relacionados con el desarrollo del árbol, fitosanitario y económico.

Una de las ventajas del raleo es la obtención de productos de mayor dimensión y calidad (Chile Forestal, 1981).

1.9.3 Poda

Cuando las ramas dejan de tener actividad fisiológica, rara vez caen ya que su permanencia no constituye una desventaja para la supervivencia.

Los agentes bióticos y factores físicos actúan sobre las ramas secas haciendo que estas caigan “Poda Natural”, esto ocurre lentamente durante la vida del árbol, dando origen a madera nudosa. La extracción de las ramas de los arboles con el objeto de mejorar la calidad de la madera se denomina “Poda Artificial”.

La poda es la eliminación de ramas verdes y/o secas de un árbol que interfieren, mayormente, en su desarrollo, mediante una herramienta adecuada que no dañe el fuste y de acuerdo a especificaciones técnicas pre establecidas. Ejemplos:

1. Las ramas gruesas se cortan a 15 cm. del tronco.
2. Se hace un corte de abajo hacia arriba
3. Luego, se elimina la rama de arriba hacia abajo
4. Las heridas se pintan para evitar una posible pudrición.

En la práctica se define distintos tipos de poda, que se realizan bajo determinadas intensidades y oportunidades (frecuencia) de aplicación, estas son:

- Poda variable
- Poda baja
- Poda media
- Poda alta

En base a planificación del manejo silvicultural las podas deben ejecutarse en el momento oportuno y siguiendo las técnicas recomendadas para este cometido (Chile Forestal, 1981).

1.9.4 selección de árboles élités

Es la parte más importante entre las faenas de manejo y se define como el acto de escoger los árboles de características comunes definidas en base a ciertos factores para la respectiva selección, los cuales se indican a continuación y pueden ser objetivados en sus respectivas características cualitativas.

a) calidad del árbol

- Dominancia relativa
- Defectos y daños
- Largo de inter nudos
- Tamaño, Angulo y numero de ramas
- Rectitud
- Situaciones especiales.

b) Distribución homogénea de los arboles

Luego de identificar los árboles de mejor calidad debe mantenerse un espacio libre, con un espaciamiento adecuado se logra un mejor desarrollo de los arboles remanentes y a su vez, un mejor aprovechamiento del sitio.

1.9.5 Crecimiento individual de los árboles

Pieter Grijpma (1992), se dice que el crecimiento de los arboles depende de la especie, su edad y de la calidad del sitio en el cual crece.

El crecimiento de las especies forestales con relación con su edad generalmente sigue una curva en forma de "S". Inicialmente presenta un crecimiento lento, después crecen rápidamente y luego la velocidad de crecimiento se reduce nuevamente.

Cozzo D. (1972), manifiesta que las plantaciones a principio crecen lentamente, mientras desarrollo su sistema radicular y se establece, luego como las plantas tienen tamaños similares y son todavía muy pequeñas y no hay competencia, estas crecen rápidamente, cuando adquieren tamaños más o menos considerables, se inicia la competencia ya sea por nutrientes, luz o humedad el espacio del crecimiento con el tiempo va desapareciendo, obligando a disminuir el ritmo de crecimiento.

Una planta vascular comienza la vida como un huevo unicelular fertilizado, el cigoto.

Las divisiones celulares transforman luego el cigoto unicelular en una planta multicelular. Después de la germinación de la semilla, el crecimiento de la planta supone tanto la división celular como la ampliación, estando a cargo de esta función los meristemas apicales (en las puntas de vástagos y raíces) y el meristema lateral encargado del crecimiento en diámetro (cambium vascular y cambium de corteza). A un principio el crecimiento es lento debido a la poca cantidad de células existentes para su multiplicación, posteriormente se acelera disminuyendo luego, debido a que la planta concentra gran cantidad de energías en la producción y en la sustitución de las células que por envejecimiento van muriendo.

1.9.6 Tipos de Crecimiento

a) Crecimiento Longitudinal

El crecimiento longitudinal en gran parte está determinado por la calidad de sitio donde crece el árbol para una determinada especie.

Es muy difícil demostrar que el exceso de espesura estimule el crecimiento en altura, sin embargo, es fácil demostrar que el crecimiento de altura es más rápido que el crecimiento diametral, en condiciones de elevada densidad. Es decir, a medida que aumenta el desarrollo de los árboles, los espacios se reducen, donde se presenta una disminución en el crecimiento en diámetro y aumento de crecimiento en altura, debido a que los árboles en condiciones de competencia sacrifican el crecimiento en diámetro para favorecer el crecimiento en altura

b) Crecimiento Diametral

El crecimiento diametral en los arboles es afectado marcadamente por la densidad, es muy sensible a cambio en esta, como los causados por el aclareo y raleo. El crecimiento diametral es el que determina el grado de aprovechamiento de la madera.

La distribución del crecimiento diametral en diferentes partes del fuste, varía con el peso de la copa y tenciones por el viento, con mayor peso de copa y tensión, el crecimiento diametral está orientada en las partes bajas del árbol, para fortalecerlo, afectando directamente a la forma del fuste. Vincen L. 1975,

c) Crecimiento Volumétrico

Es el resultado de la combinación del crecimiento longitudinal y diametral, el crecimiento longitudinal, es más importante durante la juventud y el diametral en la madurez del árbol: siendo el efecto del crecimiento diametral mayor durante gran parte del turno del árbol (Vincen L., 1975).

1.10 EVALUACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES

La evaluación de plantaciones forestales es una tarea imprescindible dentro de un programa de plantación forestal, que permite esencialmente conocer si lo planificado

durante la plantación ha sido cumplido, identificar problemas de mortalidad y reconocer necesidades de manejo, y en caso de plantaciones jóvenes planificar actividades de refallo (Valerio 1993, citado por Acosta 2003)

1.10.1 parámetros de evaluación

En la evaluación de plantaciones forestales Murillo y Badilla (2004) consideran dos aspectos a tomar en cuenta: La información general al inicio sobre los aspectos y variables de la plantación, y otra específica que permite registrar la calificación para cada árbol dentro de la parcela de muestreo. A su vez la información general y la información específica engloban los siguientes aspectos:

a) La información general engloba los aspectos como la ubicación, lote, fecha de plantación, fecha de evaluación, calidad del mantenimiento, densidad de plantación, área del lote, área de la parcela.

b) En cambio la información específica comprende las variables cualitativas y las variables cuantitativas. Las variables cuantitativas se consideran el diámetro altura pecho (DAP), altura total, altura comercial, sobrevivencia y mortalidad, área basal, volumen,

Incremento Medio Anual (IMA), las variables cualitativas se considera el vigor, estado fitosanitario, y calidad del fuste, bifurcación, torceduras, ángulo de inserción de las ramas, cola de zorro, gambas y aletones, etc.

1.10.1.1 Calidad de sitio

Es una expresión de la capacidad productiva de un área, para una especie determinada, es la máxima productividad potencial de una especie forestal en un sitio determinado. También se define como la respuesta, en el desarrollo de una determinada especie, a la totalidad de las condiciones ambientales existentes en un determinado lugar, su conocimiento es fundamental para predecir a modelar la producción, pero también para elegir los mejores sitios y así plantar la especie apropiada en el lugar adecuado.

Parámetros a evaluar:

Pendiente media % : Es una forma de medir el grado de inclinación del terreno.

Profundidad efectiva cm: Es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos.

Reserva de agua útil A.W.C (mm/cm): Es la cantidad de agua que puede retener el suelo y que es susceptible de ser evaporada o consumida por la vegetación.

Grado de alteración de la roca: Es un parámetro con el que se trata de definir el estado presente de la roca.

Textura: Se refiere a la cantidad y tamaño de las sustancias inorgánicas que posee: arena, limo y arcilla.

Pedregocidad: Suelo difícil de cultivar contiene partículas muy gruesas y su drenaje es muy bueno pero no retiene agua ni nutrientes.

Erosion: Es un proceso natural de movimiento de las partículas del suelo de un sitio a otro principalmente por medio de la acción del agua o viento.

Horizonte humifero: Tienen abundante materia orgánica en descomposición.

Drenaje: Es la de permitir la retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno.

Carbonato Total %: Componente que, en algunos suelos, pueden disminuir los rendimientos de los cultivos.

pH: Es una medida de la acidez o alcalinidad en los suelos.

Salinidad: Se define como la concentración de sales solubles que existe en la solución del suelo.

1.10.1.2 Altura total

Uno de los principales parámetros que se miden en una especie es la altura total (Mostacedo y Fredericksen 2000), siendo la altura total la distancia vertical que comprende desde la base del árbol (nivel del suelo) hasta el ápice terminal del árbol (Contreras et al. 1999).

1.10.1.3 Diámetro Normal

De acuerdo con Prodan *et al.* (1997) se denomina diámetro altura pecho (DAP) a la medición del diámetro en alturas en árboles en pie a la altura de 1.3 m desde el nivel del suelo ya que es la altura normal del diámetro representativo.

1.10.1.4 Ancho de la copa.

Estos parámetros son normalmente medidos en plantaciones mediante un ipsometro y difieren si son coníferas o latifoliadas En la mayoría de definiciones el ancho de la copa es la distancia vertical del punto mas alto de crecimiento al punto inferior de follaje vivo de la copa

1.10.1.5 Supervivencia

La supervivencia es el número de individuos vivos a una edad determinada, dentro de una parcela o un grupo de individuos en comparación con el número de individuos establecidos inicialmente, expresándose en términos de porcentaje (FAO 1981, Justiniano 1992, Magne 1999). Uno de los factores importantes que influye en la supervivencia inicial y el desarrollo subsiguiente es la calidad del material de plantación (OIMT 1989, Magne 1999).

Por otra parte Rojas (1995), indica que la mortalidad se presenta por las siguientes razones:

- Inadecuada siembra
- Carencia de humedad en el suelo
- Plántula de mala calidad

- Competencia con malas hiervas
- Ataque de plagas y enfermedades
- Inadecuada preparación del suelo
- Falta de protección
- Mala selección de la especie

1.10.1.6 Estado sanitario

El estado sanitario del árbol indica la situación en la que se encuentra un árbol, respecto al ataque de insectos, hongos y otros agentes patógenos, porque esta variable refleja la vitalidad del árbol, ya que guarda una estrecha relación con el crecimiento (Contreras et al. 1999).

CUADRO N° 2 Valor del estado sanitario

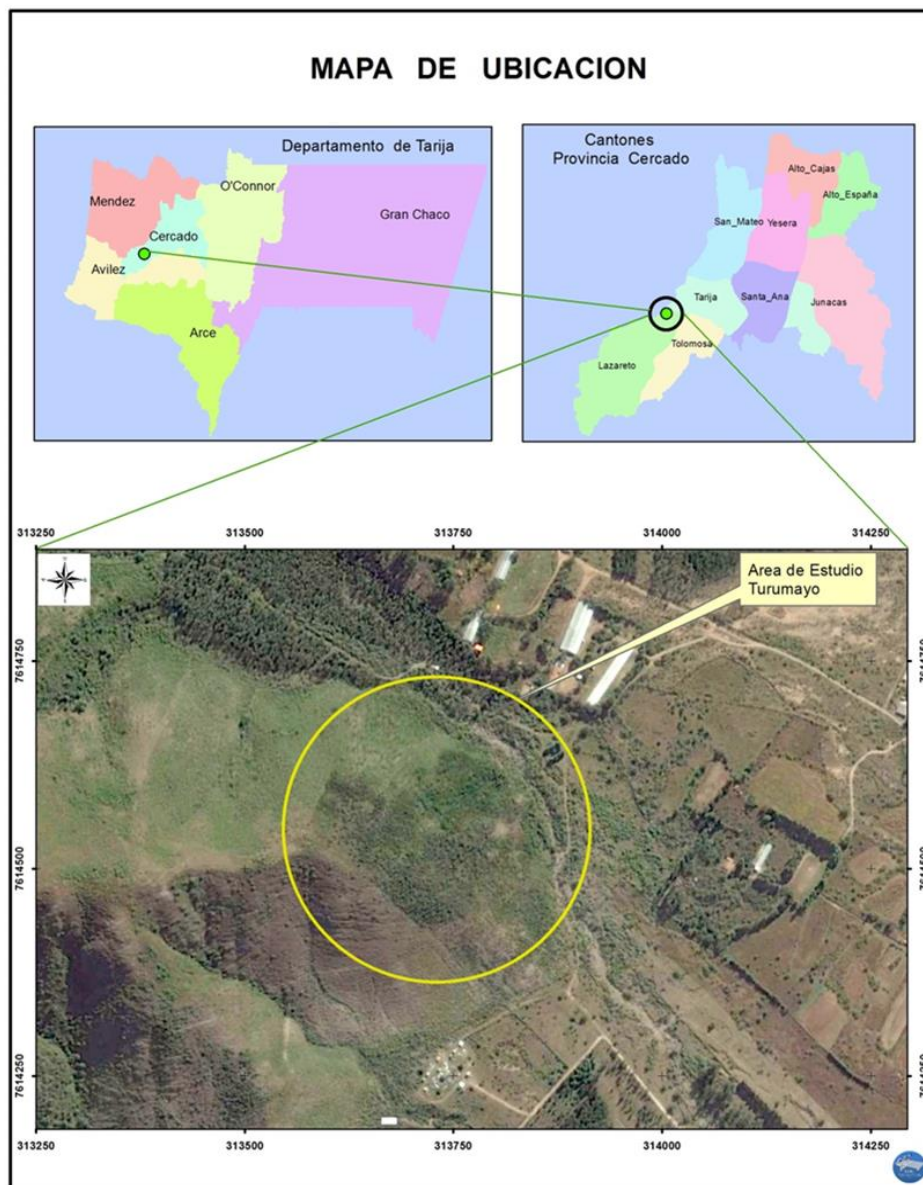
CALIFICACIÓN	% DE INFESTACIÓN	OBSERVACIONES
Medianamente leve	< 25	Cuando el daño es inferior.
Leve	26 – 50	Cuando la planta esta con follage completo, sin o con escasas manchas, el tallo sin deformaciones.
Moderado	51 – 75	Problemas de clorosis y parte del fuste con necrosis.
Drástico	76 - 100	Planta enferma, decoloración y caída de hojas, planta sin eje dominante.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 MAPA DE UBICACIÓN.

En el siguiente mapa se encuentra la ubicación de la zona de estudio.



2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio se encuentra en la cuenca del río Tolomosa al sud oeste de la ciudad de Tarija, la cual se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

UTM, X = 313730; Y = 7614640 con una extensión de 6.54 ha, se ubica al Nor - Este del embalse de san Jacinto, políticamente pertenece a la provincia cercado, la ruta troncal que une la ciudad de Tarija es de una distancia de 15 km.

2.3 DATOS SOCIOECONÓMICOS

2.3.1 Población

Por estimación efectuadas por el INE la población total de la cuenca se establece en 8997 habitantes, distribuidas en 11 cantones siendo los más poblados e importantes desde el punto de vista de la producción agrícola, los cantones de San Andrés, Tolomosa, Guerra Huayco, Turumayo, Pampa Redonda y Tablada Grande.

2.3.2 Vías de acceso

La red caminera que vincula la ciudad de Tarija con los centros poblados de la cuenca en general son de carácter transitables: Tarija-Tablada Grande, Tolomosita, Tolomosa, Turumayo, Guerra Huayco, San Andrés, durante todo el año.

2.3.3 Clima

En la zona no se tiene estaciones meteorológicas; habiéndose tomado datos de la estación meteorológica de AASANA, Tarija por contar con registros de temperatura y precipitación de más de 37 años respectivamente además por ser la más cercana, y los datos más confiables en el valle central de Tarija.

La interpretación de datos registrados permite expresar las siguientes características:

Precipitación media anual	607.8mm
Temperatura media anual	18.4°C
Temperatura máxima extrema anual	25.8°C

Temperatura mínima extrema anual 8.9°C

Evaporación medio anual 1020 mm

En general precipitación se presenta de manera irregular y del tipo torrencial, siendo los meses más lluviosos diciembre, enero y los de mínima precipitación junio, julio.

Sobre este particular se dispone de datos de más de 18 años , que si bien se presenta errores por defecto en los meses lluviosos por situación similar comprobados en la toma de datos de precipitación son adoptados para los estudios de la cuenca , presenta ella una media anual de 2.124 mm.

2.3.4 Paisaje

Cerca del 80 % de la subcuenca corresponde a paisajes de valle, con predominio de terrazas fluvio-lacustres y aluviales, el resto corresponde a laderas en cuarcitas, areniscas y conglomerados.

2.3.5 Pendiente y erosión

En la zona de estudio predomina el relieve moderadamente escarpado con 15 a 30 % de pendiente, la presencia de erosion en la comunidad de turumayoes de ligera a moderada en forma laminar y surcos ligera a moderada , movimientos en masa lentos; pequeños deslizamientos y erocion en carcabas.

Cabe indicar que la pendiente en el área de estudio es de 53 % y presenta una erosion ligera.

2.3.6 Vientos

Si bien en la cuenca no se registran estos datos se tiene como referencia los registrados en el valle central de Tarija por su proximidad a la cuenca donde los vientos dominantes tienen una dirección Sur-Este, existiendo pocos días del año con vientos del Norte a Nor-Oeste. La velocidad media observada en los meses de mínima de 1 a 6 nudos y en las de máxima de 1-20 nudos.

2.3.7 Zona de vida

De acuerdo al mapa ecológico de Bolivia (Unzueta 1975) basado en la clasificación de Holdrigh.

Esta área se encuentra en la zona de vida que tiene en común los elementos climáticos en general el clima de cuenca es templado semiárido este se caracterizó por las heladas que se registran en los meses de mayo y junio.

2.3.8 Suelos

La comunidad de Turumayo se encuentra a una altura comprendida entre los 1800 a 2100 msnm.

El 60 % de la zona de estudio , son suelos muy afectados por procesos de erosión hídrica, en forma laminar y cárcabas de grado extremo ; los suelos son de colores claros, textura varia de franca arcillosa a arcillosa ; los suelos en las laderas presentan texturas francas en la superficie y francas a arcillosas en el resto del perfil.

2.3.9 Vegetación

Su vegetación de la cuenca está caracterizada por la presencia de especies nativas y cultivadas.

Las especies cultivadas agrícolas, son las tradicionales como perennes se tiene

Maíz (maíz), *Solonun Tuberosum* (papa), *Arachis hipogea* (mani) *Vicia faba* (haba), *Pisim sativum* (arveja), *Allium cepa* (cebolla), *Prunus pérsica* (durazno).

Entre las forestales se encuentran en pequeña escala preferentemente en áreas de región de San Andres , Pinus y Bella Vista y otras poblaciones de la cuenca . Las especies son Eucaliptus sp y Ciprés. Provenientes de viveros forestales de la ciudad de Tarija, plantaciones que datan de varios años.

La vegetación dominante que cubre aproximadamente el 52% (575 ha) de la subcuenca, es una formación de matorral ralo a semidenso, xeromórfico mayormente espinoso, montano en terrazas fluvio-lacustres, luego están las áreas antrópicas donde se practica

agricultura a secano, en las llanuras fluvio-lacustres, además de vegetación herbácea semidensa, graminoide baja, con sinusia arbustiva

2.3.10 Uso de la tierra

Predomina el pastoreo extensivo tanto en matorral xeromórfico de sustitución con ganado mixto (41 % del territorio) como en tierras agrícolas con cultivos dispersos y pastizales en el resto de la sub cuenca.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 MATERIALES.

Para el desarrollo del presente trabajo se empleo una serie de materiales y equipo.

3.1.1 Fase de campo.

- Cinta métrica
- GPS
- Mapa base
- Azadón, pala, machete.
- Cuchillo
- Vara graduada
- Bolsas de polietileno para muestras de suelo
- Cámara fotográfica
- Planillas y tablero
- Jalones
- Cuerda plástica.
- Estacas

3.1.2 Materiales de gabinete

- Equipo de computación
- Calculadora
- Material de escritorio

3.2 METODOLOGÍA

El estudio que aquí se documenta se enfocó en la evaluación del estado actual de la plantación implementada en la comunidad de Turumayo departamento de Tarija,

El sitio con la plantación forestal se identificó mediante la visita al área de estudio utilizándose para tal fin consultas directas a personas del lugar como también al personal del PERTT, con la finalidad de recabar información. Una vez que se identificó la plantación se procedió al registro de la misma tomándose puntos GPS del perímetro de la plantación identificada; estos datos permitieron generar un mapa con la finalidad de determinar la superficie para definir el número de parcelas a ser muestreadas en función de la intensidad definida

3.2.1. Diseño del muestreo

El muestreo fue de tipo sistemático de acuerdo a la metodología recomendada por Murillo y Camacho (1997), utilizando parcelas fijas de forma de un rectángulo.

El tamaño de la parcela fue de 90 m² con dimensiones de 9 x 10 m que incluye un total de 9 árboles por parcela.

La intensidad de muestreo fue del 2.61% siendo la superficie total evaluada de 1710 m² y el área total de la plantación de 6,54 ha

El cálculo de la ubicación de las parcelas de muestreo se realizó una vez conocida el tamaño de la plantación de tal manera que permitió conocer la distancia entre líneas de parcela, y la distancia entre centros de parcela.

Este cálculo se realizó usando la siguiente formula:

$$d = \sqrt{\frac{A \text{ km}^2}{N^\circ P}}$$

d= Distancia entre parcelas

A= área a inventariar en Km²

N° P= Numero de parcelas

Para el registro de los datos de campo se diseñó un formulario, que permitió registrar dos tipos de información: una general y otra específica.

La sección de información general del formulario de campo se registró aspectos como: Nombre de la propiedad, fecha, Municipio, coordenadas de cada parcela, año de plantación, especie, y observaciones generales. Como información específica se registró las variables dasométricas de tipo cualitativas (Sobrevivencia y sanidad) y cuantitativas (diámetro (DAP), altura total, ancho de la copa y diámetro de la base.

A continuación se describen los parámetros de medición registrados en el formulario de campo:

➤ **Diámetro normal.**

Se midió con una cinta diamétrica (cm) a una altura de 1.3 m desde el nivel del suelo.

➤ **Diámetro de la base**

Se midió con una cinta diamétrica (cm) en la base del fuste del árbol

➤ **Altura total.**

Esta altura se midió desde el nivel del suelo hasta el ápice de la planta, fue medida con una vara graduada en metros.

➤ **Sanidad.**

Para cumplir con el segundo objetivo del trabajo referente a la condición sanitaria de la plantación, se realizó un muestreo al azar, según criterio experto¹, considerando la pendiente del terreno y cubrir la superficie total de la plantación, para que esta así sea representativa. Para tal propósito se establecieron 5 puntos de muestreo distribuidos de la siguiente manera: sitio N^o 1 y 2 en la parte superior con una pendiente > 45%, sitio N^o 3 con una pendiente de 30 a 45%, sitio N^o 4 y 5 con una pendiente de 0 a 30% esta

¹ La metodología utilizada para la evaluación sanitaria fue sugerida y supervisada por el profesor titular de la cátedra de Entomología Forestal de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la UAJMS.

distribución se puede apreciar en el (Anexo 1 Mapa de pendiente) en cada sitio se evaluaron 10 árboles examinando visualmente la presencia de plagas en los arboles seleccionados.

$$Is(\%) = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas afectadas}}{\text{N}^\circ \text{ total de plantas}} * 100$$

Is (%) = Incidencia en el sitio

Incidencia total de la plantación:

$$IT(\%) = \frac{\sum Is1 + Is2 + Is3 + Is4 + Is5}{5}$$

It (%) = Incidencia total

➤ **Sobrevivencia (%)**

La sobrevivencia expresada en porcentaje, se calculó con base al número inicial de árboles plantados en cada parcela respecto al número de individuos encontrados al momento de la evaluación, la cual se expresa en la siguiente relación:

$$Sv(\%) = (Na/Ni)*100$$

Donde:

Sv (%) = Sobrevivencia

Na = Numero de árboles existentes

Ni = Numero de árboles plantados inicialmente

Con las variables registradas en campo se generaron los siguientes parámetros:

Incremento medio anual de las variables altura y D.A.P, cobertura de la copa, forma de fuste y las correlaciones entre las variables diámetro y altura.

➤ **Incremento medio anual (I.M.A)**

El incremento medio anual se consideró al crecimiento de los árboles en función de la edad de plantación. Para este fin se empleó la siguiente formula:

$$\text{IMA} = \text{Vd}/\text{Ea}$$

Donde:

IMA = Incremento Medio Anual

Vd = Variable dasometrica (D.A.P y altura)

Ea = Edad en Años

➤ **Cobertura de copa**

El ancho de la copa se midió en dos direcciones, la dirección Norte-Sur y la dirección Este-Oeste y tomando como referencia la proyección de los extremos de la misma sobre el suelo, midiéndose con vara graduada la distancia entre ambos extremos. Así se obtienen dos medidas, siendo la medida final el diámetro de copa el promedio de las dos medidas tomadas.

A menudo se presenta la necesidad de medir la copa de los árboles, especialmente como un indicador de la densidad del rodal.

Para su evaluación se ha considerado conveniente emplear la escala siguiente

CUADRO N° 3 Clasificación de la cobertura de la copa

COBERTURA	CALIFICACIÓN
Mayor a 70 %	Muy densa.
41% - 70%	Normal.
20% - 40%	Semidensa.
Menor a 20%	Muy rala.

➤ **Forma del fuste**

Con los diámetros determinados se procedió al cálculo del cociente de forma base “qB” para cada uno de los individuos evaluados de acuerdo a la siguiente expresión:

$$qB = (dh/2)/dB$$

qB = Cociente

Dh/2 = Diámetro a la mitad de la altura del árbol.

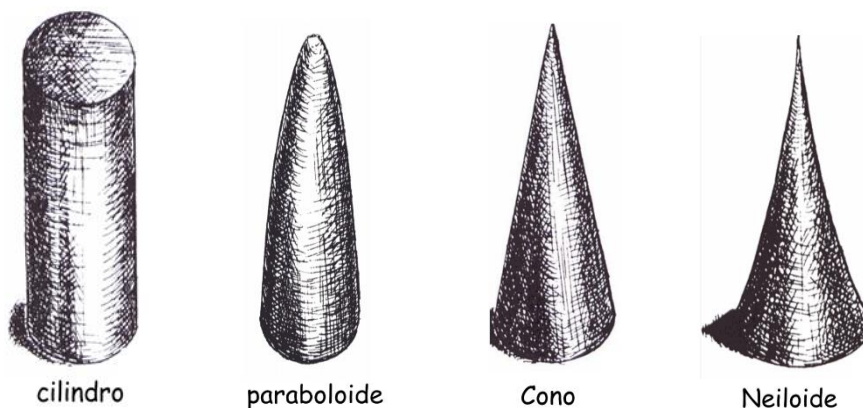
dB = Diámetro basal.

En base a los resultados se categorizó el tipo de fuste al cual corresponde cada uno de los fustes de acuerdo a las categorías establecidas:

CUADRO N° 4 Tipos de fuste

Cociente qB	Tipo de fuste
$qB \geq 0,85$	Cilindro
$0,85 > qB \geq 0,70$	Paraboloide
$0,70 > qB \geq 0,50$	Cono
$0,50 > qB \geq 0,35$	Neiloide

Fotografía N° 8 Tipos dendrometricos del fuste



Fuente: Calderon, 2013.

➤ **Análisis de correlación**

Para completar el análisis cuantitativo de los datos registrados en campo se procedió a la realización a un análisis de correlación entre las variables de diámetro y altura considerándose al diámetro como variable independiente y a la altura como variable dependiente. Este análisis se realizó con la finalidad de poder estimar alturas de los árboles, mediante regresión, en caso de que existiera una correlación alta entre ambas variables.

3.3 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR CALIDAD DE SITIO

El método de Bonfils emplea 12 parámetros para establecer la aptitud de los suelos con fines de implementar plantaciones forestales, su aplicación se lo realiza con el uso de la tabla N° 1 (**Valoración de los parámetros edáficos**) y en el cuadro N° 6 (**Clases de aptitud para la repoblación forestal**)

CUADRO N° 5 Parámetros para la evaluación de la calidad de sitio.

Parámetro	Técnica de obtención
Pendiente media (%)	Medición en campo desde el pie de la ladera hasta la cima con clinómetro
Profundidad efectiva (cm)	Se determino midiendo en la calicata el perfil del suelo expuesto hasta donde penetran las raíces .
Reserva de agua útil A.W.C (mm/cm)	Obtenida a partir de la Tabla N° 2 que relaciona las propiedades físicas con la textura.
Grado de alteración de la roca.	Obtenida en campo por observación visual
Textura	Análisis de laboratorio
Pedregosidad	Adquirida en campo por un método de porcentaje de rocosidad.
Erosión	Identificación de la forma de erosión en base a criterios relacionados a los factores que influyen en el proceso de erosión como las características de las formaciones que presenta
Horizonte húmico (cm)	Medición de la altura de materia orgánica que está en descomposición con flexómetro.
Drenaje	Obtenida en campo por observación visual si es un suelo saturado o drenado.
Carbonato total (%)	Análisis de laboratorio.
pH	Análisis de laboratorio.
Salinidad (mmhos)	Análisis de laboratorio.

La tabla N° 1 establece para cada parámetro evaluado categorías que van de 0 a 10, un valor de cero implica que ese parámetro no es apto para el desarrollo de plantaciones mientras que un valor de 10 indica que es óptimo. Con los datos del suelo en evaluación tomados en campo y de los análisis de laboratorio se entra en esta tabla y se obtiene el valor que le corresponde a cada uno.

Tabla N° 1 Valoración de los parámetros edáficos por el método de BONFILS (1978) modificado

Parámetros de diagnóstico	COEFICIENTE DE VALORACIÓN											
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	No aptos
Pendiente media (%)	5	5-10	10-25	-	25-35	-	35-50	-	-	-	50-100	100
Profundidad (cm)	80	60-80	40-60	-	30-40	-	20-30	-	-	-	20	-
A.W.C. (mm/cm)	120	90-120	60-90	-	45-60	-	30-45	-	-	-	30	-
Grado de alteración de la roca (unidades cartográficas)	-	-	-	-	-	No existe roca a menos de 60 cm de profundidad	Presencia de la roca entre 20 y 60 cm de profundidad	Roca blanda o muy fisurada	Roca bastante blanda o medianament e alterada o fisurada	Roca poco fisurada a poco alterada	Roca no fisurada o roca dura	Presencia de roca dura afloran te en la superficie
Textura	-	-	-	-	Franca Franco-arenosa	Franco-limosa	Limosa	Arenosa	Arcillosa	-	-	-
Elementos gruesos pedregosidad	-	-	-	-	Nula	Escasa	Frecuente	Abundante	-	-	-	-
Erosión	-	-	-	-	Nula	Nula	Ligera	Moderada	-	Fuerte	-	-
Horizonte humífero	5cm	-	3-5cm	-	1-3 cm	No existe y erosión nula	-	-	-	-	No existe y Erosión fuerte	-
Drenaje	-	-	-	-	-	Bueno	Algo deficiente	Deficiente	Muy deficiente	Algo excesivo	Excesivo	-
Carbonato total (%)	-	-	-	-	-	0	1-10	-	10-25	25-50	50-75	> 75
Valor pH	-	-	-	6,5-7,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Salinidad	(esta valoración reemplaza a la de los elementos gruesos en el caso de suelos salinos)	-	Suelos no salinos: 0-2	-	-	-	-	Suelos ligeramente salinos : 2-4	Suelos de salinidad media: 4-6	Suelos con salinidad importante: 6-8	Suelos con salinidad: > 8 mmhos	-

Para determinar la aptitud del suelo en evaluación se deben sumar todos los valores asignados a cada parámetro y con ese valor total se encuentra en la quinta columna del cuadro N° 6 y se obtiene la clase de aptitud a la que corresponde el suelo evaluado.

Cuadro N° 6 Clases de aptitud para la repoblación forestal (BONFILS, 1978) modificado

ORDENES	CLASES	APTITUD GENERAL	CARACTERÍSTICAS	VALOR GLOBAL
Orden 1 Suelos aptos	Clase 1.1	Suelos muy aptos	Sin limitaciones	>60
	Clase 1.2	Suelos aptos	Algunas limitaciones (textura, pedregosidad).	50-60
	Clase 2.3	Suelos moderadamente aptos	Limitaciones de hidromorfia a profundidad útil.	40-50
Orden 2 Suelos aptos con condicionantes	Clase 2.1	Suelos muy aptos pero con algunas condicionantes.	Limitaciones de pendientes rocosidad o profundidad.	35-40
	Clase 2.2	Suelos aptos marginalmente pero con condicionantes.	Limitaciones de pendientes profundidad y humedad.	30-35
Orden 3 Suelos no aptos	Clase 3.1	Suelos no aptos actualmente.	Numerosas características desfavorables.	20-30
	Clase 3.2	Suelos no aptos.	Características muy desfavorables o limitantes.	<20

Los parámetros pendiente media , profundidad efectiva , grado de alteración de la roca, pedregocidad , erosion, horizonte humifero, y drenaje son medidos y valores directamente en campo mientras que los parámetros de textura, carbonato total, pH y salinidad se determinan en laboratorio a partir de una muestra de suelo.

La determinación del parámetro reserva de agua útil se lo puede realizar de distintas maneras con técnicas que incluyen pruebas de campo, aplicación de formulas y empleo de tablas que relacionan distintas propiedades del suelo. En esta evaluación se determino esta propiedad con el uso de la tabla N° 2 a partir de la textura del suelo obtenida en laboratorio.

TABLA N° 2 Propiedades físicas del suelo, según texturas (Israelsen y Hansen, 1979)

Textura	Porosidad Total (%)	DA (g cm ³)	CC (%)	CMP (%)	Agua disponible		
					H% p.s.	H% vol	H mm 10 cm ⁻¹
Arenoso	38	1,65	9	4	5	8	8
	(32-42)	(1,55-1,8)	(6-12)	(2-6)	(4-6)	(6-10)	(7-10)
Franco-Arenoso	43	1,5	14	6	8	12	12
	(40-47)	(1,4-1,60)	(10-18)	(4-8)	(6-10)	(9-15)	(9-15)
Franco	47	1,4	22	10	12	17	17
	(43-49)	(1,35-1,5)	(18-26)	(6-10)	(10-14)	(14-20)	(14-19)
Franco-Arcilloso	49	1,33	27	13	14	19	19
	(47-51)	(1,3-1,4)	(23-31)	(12-15)	(12-16)	(17-22)	(17-22)
Arcillo-Arenoso	51	1,3	31	15	16	21	21
	(49-53)	(1,25-1,35)	(27-35)	(14-18)	(14-18)	(18-23)	(18-23)
Arcilloso	53	1,25	36	17	18	23	23
	(51-55)	(1,2-1,3)	(31-39)	(16-20)	(16-20)	(20-25)	(20-25)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente acápite se presentan y discuten los resultados de la investigación para este propósito se emplean tablas de resumen, y los datos en detalle correspondiente a cada parcela se encuentra en el **Anexo 1**

4.1 ESTADO GENERAL DE LA PLANTACIÓN

4.1.1 Consideraciones generales

Ecológicamente hablando de las plantaciones evaluadas de *Pinus radiata* se encuentra en la zona del valle de la cuenca del río Tolomosa, que corresponde al piso ecológico Montano y el nivel altitudinal oscila entre 1800 – 2100 m.s.n.m.

El objetivo de implementar la plantación fue el de incrementar la cobertura vegetal en la cuenca del Río Tolomosa con especies de rápido crecimiento y con la finalidad de protección a la cuenca, así también reducir el arrastre de sedimentos.

La plantación fue realizada en el mes de diciembre del año 2013, y la evaluación en agosto del 2017, hasta la fecha la plantación cuenta con aproximadamente 4 años de edad.

El método utilizado en la plantación fue el sistema de tres bolillos con un espaciamiento de 3 x 3,50 m.

En cuanto a la preparación del terreno, se dio inicio con la limpieza del terreno, eliminando algunos materiales, posteriormente se hizo el trazado, estaqueado para el hoyado al espaciamiento indicado y luego continuar con la apertura de los mismos.

Todo el material biológico utilizado en la plantación provino del vivero de la institución del PERTT.

Para garantizar el éxito de las plantaciones primeramente se procedió a cerrar el área en forma perimetral, para tal efecto se utilizó postes de madera, alambre de púas y grampas, el mantenimiento de los cercos está a cargo de los comunarios del lugar.

4.1.2 Calidad del sitio

El análisis de la calidad de sitio nos arrojó un resultado de “suelo apto marginalmente” para la plantación.

En la Tabla N° 3 se presentan los resultados de los factores edáficos analizados y su valoración para la determinación de la calidad de sitio para la productividad forestal de la plantación evaluada.

Tabla N°3 calidad de sitio

FACTORES EDAFICOS	VALOR	COEFICIENTE DE VALORACION
Pendiente media (%)	52	0
Profundidad efectiva (cm)	34	6
Reserva de agua útil A.W.C (mm/cm)	17	0
Grado de alteración de la roca.	Roca blanda o muy fisurada	4
Textura	Franca	6
Pedregosidad (%)	46	2
Erosión	Ligera	4
Horizonte humífero (cm)	3	6
Drenaje	Algo excesivo	1
Carbonato total (%)	0	5
pH	5,54	7
Salinidad (mmhos)	0,017	7
Valor de n		48
Tipo de aptitud para la repoblación forestal	Suelo de Orden 1.Clase 1,3 Suelos aptos marginalmente.	

Según los resultados obtenidos con la aplicación del método definido el lugar de plantación corresponde a un suelo de Orden 1 de clase 1.3 que corresponde a Suelos aptos marginalmente considerados también como moderadamente aptos.

Las limitaciones principales de esta categoría son aspectos de hidromorfía y profundidad útil efectiva.

Para nuestro caso las mayores limitaciones del sitio de plantación corresponden a la abundante pedregosidad de 46% y a la pendiente del terreno con un 52%, estos factores condicionan el crecimiento de la plantación por que gobiernan el ciclo hidrológico además que presentan resistencia mecánica para el desarrollo radicular.

En cuanto al horizonte humífero es importante indicar que éste es muy poco desarrollado a pesar de que existe abundante acumulación de materia orgánica procedente de las acículas de los pinos y de las hojas de la chacatea. El poco desarrollo se ve a la escasa retención de humedad en el suelo por la fuerte pendiente del terreno y posiblemente también a la alta relación C/N que tiene la acícula de pino lo que dificulta su fácil degradación, de todas maneras este horizonte juega un papel importante en la protección del suelos sobre todo para evitar los procesos erosivos de salpicadura.

Sobre el pH hay que decir que el método empleado indica como óptimo un rango de 6,5 a 7,5 y le asigna un valor de 7 en la escala de 1 a 10; valores por encima o por debajo de éste rango no los considera adecuados para el desarrollo de plantaciones.

En el análisis de suelo realizado se determinó un pH de 5,54, (**Anexo 4**) valor fuera del rango establecido como óptimo en el método, a pesar de esta situación se otorgó a este parámetro una valoración de 7 (óptimo) por la razón de que los pinos desarrollan mejor en suelos ligeramente ácidos. Sería importante indagar si la acidez del suelo se debe a una condición natural o a una modificación ocurrida como consecuencia de la implementación de la plantación.

Se ve de acuerdo al análisis anterior se puede establecer que los demás parámetros descritos tienen valores muy bajos y no están de acuerdo a una determinación de la calidad de sitio debido a que son plantaciones establecidas aproximadamente hace 4 años atrás.

4.1.3 Supervivencia y densidad

La supervivencia de la plantación es una variable muy asociada con la densidad de la misma, en la tabla N° 4 se presentan los resultados de la evaluación de supervivencia y densidad de la plantación.

Tabla N° 4 Evaluación de supervivencia y Densidad

N° de parcela	Supervivencia (%)	Densidad (N° plantas / ha)
1	88,88	889
2	88,88	889
3	77,77	778
4	88,88	889
5	100	1000
6	100	1000
7	88,88	889
8	88,88	889
9	88,88	889
10	88,88	889
11	100	1000
12	88,88	889
13	100	1000
14	88,88	889
15	100	1000
16	88,88	889
17	77,77	778
18	77,77	778
19	77,77	778
Promedio	89,47	894
Desviación	7,84	78,26
CV (%)	8,76	8,75

Para este análisis es importante considerar que las parcelas fueron de 90 m² y que cada una de ellas contenía nueve árboles o individuos. La distancia actual de las plantas en el terreno varía de 3 a 3,5 metros, debiéndose esta situación posiblemente a la irregular superficie del terreno y pendiente fuerte.

En el cuadro anterior se puede observar que la sobrevivencia en la plantación es buena alcanzando un promedio total de 89,47 % de plantas vivas. El 21,05 % de la parcelas evaluadas presentan una sobrevivencia de 77,77% que es la más baja y el 26,32 % presenta una sobrevivencia del 100%.

La densidad por su parte presenta un promedio de 895 árboles por hectárea considerándose esta muy elevada para la edad (4 años) y el desarrollo que tiene la plantación puesto que no se han realizado intervenciones silviculturales de ninguna naturaleza.

La sobrevivencia se presenta como una variable homogénea dentro de la plantación con un coeficiente de variación de 8,76 %, similar situación presenta la densidad puesto que esta se deriva de la sobrevivencia.

4.1.4 Cobertura

La cobertura de la plantación, entendiéndose ésta como la proyección horizontal de las copas de los árboles, fue estimada a partir del ancho de la copa que fue mensurada en campo.

En la tabla N° 5 se presentan los porcentajes de las coberturas estimados para cada parcela y su clasificación respectiva.

Tabla N° 5 Cobertura de copa

Parcela N°	Cobertura de copa	
	%	Clasificación
1	23,03	Semidensa
2	35,23	Semidensa
3	17,39	Muy rala
4	37,39	Semidensa
5	36,94	Semidensa
6	54,64	Normal
7	48,51	Normal
8	32,36	Semidensa
9	38,30	Semidensa
10	39,43	Semidensa
11	45,40	Normal
12	38,60	Semidensa
13	44,59	Normal
14	30,61	Semidensa
15	44,18	Normal
16	23,88	Semidensa
17	21,51	Semidensa
18	19,64	Muy rala
19	18,40	Muy rala
Promedio	34,21	Semidensa
Desviación	11,03	
CV (%)	32,25	

En la plantación se presentan tres tipos de cobertura: a) semidensa con un 63% de parcelas, b) normal con el 26% y c) muy rala con el 11% de las parcelas.

La condición de una mayor presencia de parcelas con coberturas de copas semidensas se presentan como indicadores de ausencia de manejo, esto implica un crecimiento apretado de los individuos lo que repercute luego en la calidad de la madera por los ángulos que toman las ramas que ya empiezan a entrelazarse ya que esta especie no tiene poda natural.

A pesar de lo indicado existe una buena penetración de luz al suelo observándose en el sotobosque una abundante regeneración de chacatea *Dodonea viscosa* a pesar de la rocosidad del suelo como se puede apreciar en el anexo 2 (Fotografía N° 15).

4.1.5 Sanidad

El estado sanitario de la plantación fue evaluado con la finalidad de identificar la presencia de plagas y enfermedades ya que no conoce este aspecto para esta especie por tratarse de una especie exótica o introducida.

En la Tabla N° 6 se presentan los resultados de la evaluación sanitaria de los cinco sitios distribuidos dentro de la plantación.

Tabla N° 6 Evaluación sanitaria de la plantación

Sitio muestreado	N° de plantas	N° de plantas afectadas	Incidencia		Observaciones
			ID %	Intensidad del daño	
1	10	6	60	Moderado	Ubicación de la parcela de observación en la Coord : X : 313630 y Y : 7614599 Plaga presente: Cochinilla
2	10	4	40	Moderado	Ubicación de la parcela de observación en la Coord : X : 313741 y Y : 7614527 Plaga presente: Cochinilla
3	10	8	80	Drástico	Ubicación de la parcela de observación en la Coord: X : 313774 y Y : 7614611 Plaga presente: Cochinilla
4	10	7	70	Moderado	Ubicación de la parcela de observación en la Coord : X : 313843 y Y : 7614477 Plaga presente: Cochinilla.
5	10	5	50	Moderado	Ubicación de la parcela de observación en la Coord : X : 313832 y Y: 7614405 Plaga presente: Cochinilla
Promedio	10	6	60	Moderado	
Desviación	0	2	16		
CV (%)	0	26	26		

ID = Incidencia de daño

Como se puede apreciar en la tabla N° 6 la condición media del estado sanitario es del 60 % de plantas infestadas y un 40 % de plantas sanas, en toda la plantación, donde la severidad o intensidad de daño es moderado.

La plaga identificada pertenece a la orden *Hemiptera*, familia *Diaspididae*, con nombre científico de *Leucaspis pusilla*, y nombre común de cochinilla del pino la misma que puede observarse en el anexo 2 (fotografía N°9).

4.2 ANÁLISIS DE CRECIMIENTO

4.2.1 Forma del fuste

Mediante el análisis de diámetros se determinó el tipo dendrométrico al que corresponden las formas de los fustes los arboles evaluados y los resultados se presentan en la Tabla N° 7

Tabla N° 7 Forma de los fustes

N° de parcela	Forma del fuste (N° de individuos)		
	Indeterminado	Neiloide	Cono
1	2	6	-
2	-	4	4
3	1	6	-
4	-	8	-
5	2	7	-
6	-	9	-
7	-	7	1
8	-	8	-
9	-	7	1
10	-	6	2
11	-	7	2
12	-	8	-
13	-	8	1
14	-	6	2
15	1	4	4
16	2	4	2
17	-	7	-
18	1	6	-
19	-	7	-
Total	9	125	19

De un total de 153 individuos evaluados en las 19 parcelas se determinó que un 5,26 % tienen un fuste de tipo dendrométrico indeterminado, el 73,10 % corresponden al

tipo dendrométrico de forma neiloide y el 11,11 % corresponden al tipo de forma cono, ningún individuo presento su fuste en las formas de tipo paraboloides y cilindro.

La forma del fuste, evaluada a partir del tipo dendrométrico al cual pertenece, se puede emplear para realizar dos tipos de análisis 1) para la determinación de volúmenes y 2) para establecer algunos criterios sobre el crecimiento y desarrollo que tienen los árboles.

Las coníferas en general y el pino radiata en particular no presentan fustes de forma cilíndrica por lo que nuestro resultado encaja correctamente con las características naturales de la especie, pudiéndose encontrar las formas de los fustes de los pinos en los tipos neiloide, cono o paraboloides.

En cuanto a la determinación de los volúmenes de fustes de tipo neiloide el modelo matemático que se debe emplear es $V = AB * h/4$ y para los fustes de tipo cónico $V = AB * h/3$ siendo en ambos casos AB área basal y h la altura. Si se va a trabajar con el DAP Cogolludo (2015) indica usar los siguientes coeficientes mórficos según el tipo dendrométrico para el cálculo del volumen: para el tipo neiloide $f = 0,25$; cono $f = 0,33$; paraboloides $f = 0,50-0,60$ y cilindro $f = 1$.

En la presente investigación no se determinó el volumen de los pies evaluados por que se consideró los diámetros demasiados pequeños.

Según López Peña (2005) una forma de fuste de tipo paraboloides se presenta en pies de coníferas que forman parte de buenas masas regulares, el tipo cono se presenta en masas claras mientras que el tipo neiloide lo indica para especies que se desarrollan aisladamente. Todo lo indicado por el autor citado, para los tipos de neiloide y cono, contradicen totalmente nuestros resultados encontrados, situación que amerita una mayor investigación.

4.2.2 Crecimiento en altura y diámetro

La evaluación cuantitativa está dada por todo aquello que se puede determinar, las dimensiones de cada individuo, como se puede apreciar en el siguiente cuadro

En la tabla N° 8 se presentan los resultados de la evaluación de altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP).

Tabla N° 8 Análisis de altura total, diámetro y IMA.

Parcela N°	Altura (m)		DAP (cm)	
	Promedio	IMA	Promedio	IMA
1	5,14	1,28	6,74	1,68
2	6,16	1,54	8,21	1,99
3	4,71	1,18	6,40	1,60
4	6,34	1,58	7,96	1,99
5	6,12	1,53	7,90	1,98
6	7,20	1,80	9,14	2,29
7	6,54	1,45	8,48	2,39
8	6,05	1,51	8,39	2,10
9	6,48	1,62	9,03	2,26
10	6,57	1,64	8,99	2,25
11	7,86	1,96	10,54	2,64
12	6,24	1,56	8,49	2,12
13	6,74	1,69	8,96	2,24
14	5,65	1,41	7,90	1,98
15	6,22	1,56	8,61	2,15
16	4,89	1,22	7,35	1,76
17	4,74	1,19	5,94	1,49
18	4,89	1,22	5,93	1,48
19	4,99	1,25	6,30	1,58
Promedio	5,98	1,48	7,96	2,00
Desviación	0,89	0,22	1,24	0,33
CV (%)	14,84	14,73	15,59	16,29

El crecimiento longitudinal en la plantación es relativamente bueno, en la cual se llega a obtener un promedio de 5,98 m, considerando un incremento medio anual de 1,48 m. Corroborando el trabajo de investigación realizado por Erazo (1992) en el cual se obtuvo un IMA 0,73 en la comunidad de la Mamora.

El diámetro obtenido en el estudio dio como resultado un promedio de 7,96 cm, con un incremento medio anual de 2,00 cm.

Según Erazo (1992) se evidencia que el IMA obtenido es de 0,96 cm por lo cual se indicó que los resultados obtenidos se encuentran en mucha diferencia.

4.2.3 Correlación diámetro y altura total

Para complementar el análisis de crecimiento se realizó un análisis de correlación en todas las parcelas entre las variables DAP como variable independiente y Altura como variable dependiente. Los resultados se presentan en la Tabla N° 9

Tabla N° 9 Análisis de correlación

N° de parcela	Coeficientes de regresión		Coeficientes		Ecuación de regresión
	A	B	De correlación R	De determinación R ²	
1	-0,1992	1,3502	0,9547	0,9114	Alt=1,3502DAP-0,1992
2	2,0444	1,0009	0,9563	0,9145	Alt=1,0009DAP+2,0444
3	-0,8005	1,5274	0,9305	0,8659	Alt=1,5274DAP-0,8005
4	1,6146	1,0016	0,9585	0,9187	Alt=1,0016DAP+1,6146
5	-0,4409	1,3624	0,9143	0,8360	Alt=1,3624DAP-0,4409
6	1,6576	1,0397	0,9793	0,9592	Alt=1,0397DAP+1,6576
7	1,7249	1,0325	0,7116	0,5064	Alt=1,0325DAP+1,7249
8	0,6274	1,2827	0,9110	0,8300	Alt=1,2827DAP+0,6274
9	1,5102	1,1606	0,9881	0,9764	Alt=1,1606DAP+1,5102
10	1,5498	1,1327	0,9365	0,8770	Alt=1,1327DAP+1,5498
11	1,8636	1,1051	0,9804	0,9611	Alt=1,1051DAP+1,8636
12	0,7779	1,236	0,8398	0,7053	Alt=1,236DAP+0,7779
13	1,8575	1,0524	0,8522	0,7262	Alt=1,0524DAP+1,8575
14	1,8743	1,0665	0,9781	0,9567	Alt=1,0665DAP+1,8743
15	1,4893	1,1446	0,9267	0,8587	Alt=1,1446DAP+1,4893
16	1,8319	1,129	0,9107	0,8293	Alt=1,129DAP+1,8319
17	1,2407	0,9914	0,9421	0,8876	Alt=0,9914DAP+1,2407
18	-1,9299	1,6085	0,9501	0,9026	Alt=1,6085DAP-1,9299
19	0,1971	1,2241	0,8949	0,8008	Alt=1,2241DAP+0,1971

En todas las correlaciones realizadas se encontraron coeficientes de correlación altos por lo que puede considerarse óptimas y adecuadas para realizar cálculos por el método de regresión.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La síntesis evaluativa que se presenta del trabajo, responde a las siguientes conclusiones:

- En la zona de estudio de la comunidad se encontró un tipo de suelo de Orden 1. Clase 1,3 Suelos aptos marginalmente.
- Los incrementos medios anuales (I.M.A), de altura y diámetro son moderados.
- Según el porcentaje de cobertura de copa se estima que en las parcelas muestreadas no existe competencia por espacio para el crecimiento.
- Existe buena sobrevivencia cuantitativa en la plantación, alcanzando un porcentaje de sobrevivencia de 89,47% de individuos vivos.
- De las 50 plantas evaluadas se puede determinar que las muestras que están orientadas en la ladera derecha tienen mayor incidencia de daño debido al viento reinante que tiene esa dirección, la severidad media del daño es moderado, donde el 60% de la plantación es afectado por la cochinilla de pino
- Las características cualitativas y cuantitativas podrían mejorarse notablemente si es que se ejecutara los tratamientos silviculturales de forma oportuna.

5.2 RECOMENDACIONES

- Impulsar realizar nuevas plantaciones de coníferas y tener una buena sobrevivencia cualitativa y cuantitativamente .
- Seleccionar los sitios de acuerdo a las exigencias nutricionales que requiere las coníferas, así como condiciones homoclimáticas y homoedáficas al lugar de origen.
- Se recomienda a la institución del PERTT hacer los siguientes trabajos:
 - a) Concluir a la brevedad posible con los trabajos silvícolas como la poda.
 - b) Terminar con las zanjas de infiltración
 - c) Realizar el control fitosanitario para disminuir con la propagación de la plaga.
 - d) Realizar una franja corta fuego para prevenir incendios.
- Dada la situación actual se recomienda realizar en futuras plantaciones un análisis, diagnóstico de suelos y determinación de la calidad de sitio