

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL



**Dasometría de *Pinus tecunumanii*, de tres y cinco años
de edad, en tres pisos altitudinales. Kimbiri,
La Convención - Cusco, 2017**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROFORESTAL**

PRESENTADO POR:

Sergio Yucra Vega

Ayacucho – Perú

2020

A mi padre, Feliciano Yucra Huamán que en paz descansa y de Dios goce y a mi madre Teresa Vega Curo, por su apoyo en todo momento.

A mi esposa Jeny Hinostroza Flores, a mis queridos hijos Rosaly y Fervhiño, por su apoyo y fortaleza en toda mi formación profesional.

A mis hermanos: Eufrocinio, Juan, Nora, Bacilia, Apolinario y Wilian, por su apoyo moral y económico.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *alma mater* de mi formación profesional. En especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal.

Al Ingeniero Carlos Máximo Malpica Ramos, por su aporte de su conocimiento en mi trabajo.

Al Doctor Rómulo Agustín Solano Ramos, Coasesor por su importante contribución en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	x
Resumen.....	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.2. Teorías y enfoques	6
1.2.1. Inventario forestal	9
1.2.2. Diseño de inventario	9
1.2.3. Diseño del muestreo	9
1.2.4. Diseño de la parcela de muestreo.....	10
1.2.5. Determinación del tamaño de la muestra	10
1.2.6. Unidad de muestra	10
1.2.7. Parcelas de investigación	10
1.2.8. Tipos de parcela	11
1.2.9. Tamaño y forma de las parcelas.....	11
1.2.10. Clasificación taxonómica de <i>Pinus tecunumanii</i>	12
1.2.11. Distribución y hábitat de <i>Pinus tecunumanii</i>	13
1.2.12. Descripción morfológica de <i>Pinus tecunumanii</i>	13
1.2.13. Usos del <i>Pinus tecunumanii</i>	15
1.2.14. Cálculo del volumen	15
1.3. Aspecto conceptual	17
1.3.1. Dasimetría	17
1.3.2. Variables dasométricas	17
1.3.3. Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	17

1.3.4. Diámetro de copa	18
1.3.5. Circunferencia	18
1.3.6. Altura	18
1.3.7. Altura total	18
1.3.8. Altura del fuste.....	19
1.3.9. Métodos de estimaciones dasométricas	19
1.3.10. Cinta	19
1.3.11. Forcípula	20
1.3.12. Observación del árbol	20

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA	21
2.1. Ubicación del área de estudio	21
2.1.1. Ubicación geográfica	21
2.1.2. Límites	21
2.1.3. Extensión superficial.....	21
2.1.4. Características edafoclimáticas de la zona.....	22
2.2. Materiales y equipos	33
2.3. Factores en estudio.....	33
2.3.1. Pisos altitudinales (P).....	33
2.3.2. Edad de las plantaciones (E)	33
2.4. Diseño experimental	33
2.5. Parámetros evaluados.....	34
2.5.1. Altura total	34
2.5.2. Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	34
2.5.3. Diámetro de copa	34
2.5.4. Volumen.....	35
2.6. Procedimiento	35
2.6.1. Tamaño y forma unidad de muestreo.....	35

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1. De la altura total de los árboles	36
3.2. Del diámetro a la altura del pecho (DAP).....	39

3.3. Del diámetro de copa	41
3.4. Del volumen del <i>pinus tecunumanii</i>	42
3.5. De la calidad de fuste	45
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	51
ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1.	Balance hídrico del distrito de Pichari, año 2017.....	23
Tabla 2.2.	Balance hídrico del distrito de Pichari, año 2018.....	25
Tabla 2.3.	Temperatura (°C) anual enero 2016 a diciembre 2016 (540 msnm)	27
Tabla 2.4.	Precipitación enero 2007 a diciembre 2016 (540 msnm).....	28
Tabla 2.5.	Humedad relativa durante enero 2012 a junio 2017 (540 msnm)	29
Tabla 2.6.	Horas de sol, durante enero 2009 a diciembre 2016 (540 msnm)	30
Tabla 2.7.	Evapotranspiración potencial mensual enero a diciembre 2016 en el distrito de Pichari, (540 msnm).....	31
Tabla 3.1.	Análisis de Variancia de la altura de árboles de <i>Pinus tecunumanii</i> en tres pisos altitudinales y dos edades.....	36
Tabla 3.2.	Prueba de Tukey para el efecto principal para la altura de árboles de <i>Pinus tecunumanii</i> considerando las dos edades.....	36
Tabla 3.3.	Prueba de Tukey para efecto principal para la altura de árboles de <i>Pinus tecunumanii</i> considerando las tres altitudes.....	37
Tabla 3.4.	Prueba de Tukey para el efecto simple de altura de árboles de <i>Pinus tecunumanii</i> considerando las dos edades en las tres altitudes	37
Tabla 3.5.	Análisis de Variancia del diámetro a la altura del pecho (DAP) de árboles de <i>Pinus tecunumanii</i> en tres pisos altitudinales y dos edades.....	39
Tabla 3.6.	Prueba de Tukey para el efecto principal diámetro a la altura del pecho (DAP) del fuste de <i>Pinus tecunumanii</i> considerando las dos edades.....	39
Tabla 3.7.	Prueba de Tukey para efecto principal para el diámetro a la altura del pecho del fuste de <i>Pinus tecunumanii</i> considerando las tres altitudes.....	40
Tabla 3.8.	Prueba de tukey para el efecto simple para el diámetro a la altura del pecho (DAP) de árboles de <i>Pinus tecunumanii</i> en tres pisos altitudinales y dos edades.....	40
Tabla 3.9.	Análisis de variancia del diámetro de copa de árboles de <i>Pinus tecunumanii</i> en tres pisos altitudinales y dos edades.....	41
Tabla 3.10.	Prueba de Tukey para efecto principal para el diámetro de copa de	

	árbol de <i>Pinus tecunumani</i> considerando las dos edades.....	42
Tabla 3.11.	Análisis de variancia del volumen (m ³) de <i>Pinus tecunumanii</i> en tres pisos altitudinales a los 3 años de edad.....	42
Tabla 3.12.	Análisis de variancia del volumen (m ³) de <i>Pinus tecunumanii</i> en tres pisos altitudinales a los 5 años de edad.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Forcípula.....	20
Figura 2.1. Mapa del distrito de Kimbiri.....	22
Figura 2.2. Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico del año 2017, de la Estación Meteorológica de Pichari, La Convención, Cusco.....	24
Figura 2.3. Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico del año 2018, de la Estación Meteorológica de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	26
Figura 2.4. Temperaturas (mínima, media y máxima) en el distrito de Pichari, Enero 2016 a Diciembre 2016 (540 msnm).....	27
Figura 2.5. Precipitación (mínima, media y máxima) en el distrito de Pichari, Enero 2007 a Diciembre 2016 (540 msnm).....	28
Figura 2.6. Humedad relativa (%) (mínima, media y máxima) en el distrito de Pichari, enero 2012 a diciembre 2017 (540 msnm).....	29
Figura 2.7. Horas del sol (mínima, media y máxima) en el distrito de Pichari, (540 msnm).....	30
Figura 3.1. Prueba de Tukey del Volumen (m^3) de <i>Pinus tecunumanii</i> de 3 años de edad en tres pisos altitudinales.....	43
Figura 3.2. Prueba de Tukey del Volumen (m^3) de <i>Pinus tecunumanii</i> a los 5 años de edad en tres pisos altitudinales.....	44
Figura 3.3. Calidad de fuste de los pinos de 3 años de edad en tres pisos altitudinales.....	45
Figura 3.4. Calidad de fuste de los pinos de 5 años de edad en tres altitudes...	46

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Evaluación de parcelas.....	57
Anexo 2. Panel fotográfico.....	64

RESUMEN

El presente estudio de la dasometría de *Pinus tecunumanii*, de tres y cinco años de edad, en tres pisos altitudinales. Kimbiri, la Convención – Cusco, 2017, se llevó a cabo con el objetivo de determinar, la altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP) diámetro de copa, volumen y la calidad de fuste. Los resultados demuestran que los árboles de 5 años de edad son superiores con 8.85 m de altura a los de tres años de edad que alcanzaron sólo 6.56 m de altura. La altura de los árboles ubicados en las altitudes promedio de 1000 (8.13 m) y 750 msnm (7.76 m) son iguales estadísticamente, pero superiores a los árboles que se encuentran a 1250 msnm (7.22 m). A mayor altura el crecimiento es más lento. Los árboles de 5 años de edad son superiores con 13.56 cm de DAP a los árboles de tres años de edad que alcanzaron sólo 7.61 cm de DAP. El diámetro a la altura del pecho de los árboles que crecen en una altitud de 750 msnm es superior con 11.76 cm de DAP a los que se encuentran a 1250 y 1000 msnm que alcanzaron 10.13 y 9.88 cm de DAP. Los árboles con cinco años de edad presentan 1.99 m de diámetro de copa y son superiores a los árboles de tres años de edad que alcanzan sólo 1.183 m. de diámetro de copa. La altitud no influye en el diámetro de copa. El mayor volumen en árboles de tres años de edad se alcanza en aquellos ubicados a 1000 msnm (0.0446 m³) respecto a los otros dos pisos altitudinales que tiene 0.008 m³ de volumen de madera. El volumen en árboles de cinco años de edad ubicado en el piso altitudinal de 750 msnm (0.0968 m³) es superior estadísticamente a los pisos altitudinales, 1000 y 1250 msnm que alcanzaron 0.0726 y 0.0525 m³ de volumen de madera, respectivamente. El 57% de árboles de tres años de edad analizados pertenecen a la calidad de fuste A, mientras que el 40% corresponden la calidad de fuste B, El 78% de árboles de cinco años de edad presentan fustes de calidad A, seguido de un 19% de árboles con fuste de calidad B y un 3% de árboles con fustes de calidad C.

Palabras clave: Dasometría, *Pinus tecunumanii*, diámetro y calidad de fuste.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la dasimetría en el distrito de Kimbiri, es inexistente no hay información, solo se realiza a través del inventario forestal para aprovechamiento forestal que también se pierde dichos datos que son valiosos. La Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal - Pichari de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga tiene algunos registros de investigación en crecimientos de especies como bolaina, caoba, capirona, teca, eucalipto y pino realizadas en su centro de investigación.

En Kimbiri, se realizaron plantaciones en diferentes rangos altitudinales, mediante proyectos municipales tanto en macizo como en el sistema agroforestal, principalmente, asociando con el cultivo de café, sin embargo, se carece de estudios dasométricos y de comportamiento, pues, el manejo sustentable de los recursos naturales, como lo señalan Nájera y Hernández (2008), se debe basarse en la evaluación de un inventario de áreas boscosas que permita conocer los parámetros dasométricos y tener el estado actual de las especies de interés ambiental, social y económico, así como el número de árboles, diámetros, alturas, edad, área basal, volumen e incrementos del bosque (Carrillo, 2008).

Los resultados de dichas evaluaciones servirán para tomar las decisiones adecuadas para el aprovechamiento, la protección, el fomento y asegurar la permanencia de los componentes agroforestales; además de que se pueden distinguir zonas agroforestales donde se implementen componentes productivos agroforestales (Musalem, (2002).

Considerando todo lo anterior se realizó el presente trabajo de investigación para evaluar en Tres pisos altitudinales la dasimetría de dos grupos de edad de *Pinus tecunumanii* con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la influencia de tres pisos altitudinales en la dasometría de dos grupos de edad de *Pinus tecunumanii*, Kimbiri, La Convención, Cusco, 2017.

Objetivos específicos

1. Evaluar la altura total de *Pinus tecunumanii*, a los 3 y 5 años de edad, instalados en tres pisos altitudinales 750; 1000 y 1250 msnm.
2. Evaluar el diámetro a la altura del pecho (DAP) y el diámetro de copa de *Pinus tecunumanii*, a los 3 y 5 años de edad, instalados en tres pisos altitudinales 750; 1000 y 1250 msnm.
3. Determinar el volumen y el incremento corriente anual (ICA) de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales de 3 y 5 años de edad.
4. Evaluar la calidad de fuste en pinos de 3 y 5 años de edad en tres pisos altitudinales

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La importancia que tiene el estudio de las especies en diferentes rangos altitudinales es conocer el desarrollo y comportamiento de las especies forestales y mejorar la producción, bajo este enfoque Méndez (2017) plantea el estudio sobre “producción de plántulas de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & J. *Pinus* Perry y *Pinus caribaea* Morelet, en 4 pisos altitudinales – Satipo”, siendo los pisos 700 msnm, 1200 msnm, 1700 msnm y 2200 msnm, cuyos resultados indican que existe variación de supervivencia entre pisos altitudinales, la mortalidad es mayor al 10%, obteniendo mayor supervivencia en el piso inferior y va decreciendo a mayor altitud. Después de 104 días del repique la altura promedio 12,12 cm, y un promedio de tallo 1,24 cm.

Muñoz *et al.*, (2012) mencionan que las áreas semilleras son una de las mejores fuentes para obtener semilla mejorada a corto plazo, es por ello que en el estado de Michoacán en los últimos 35 años se han establecido este tipo de unidades productoras de germoplasma forestal. En el presente trabajo tuvo como objetivo realizar una evaluación dasométrica de un área semillera de *Pinus Montezumae* Lamb, a 13 años de su establecimiento en el municipio de Zacapu, Michoacán, se evaluaron las variables dasométricas: diámetro normal (DAP), altura total, volumen y edad, de un total de 262 árboles semilleros, se estimó un incremento medio anual en diámetro de 1.23 cm/año con un incremento periódico de 1.21 cm/año, un incremento medio anual en altura de 0.64 m/año, con un incremento periódico de 4.55 m. El incremento periódico anual en volumen fue de 0.2282 m/año y un incremento medio anual de 0.1089 m y un incremento periódico de 2.9678 m. El incremento medio anual en diámetro a la edad de 40 años es semejante al incremento periódico anual. A la edad de 53 años disminuyó solamente un 0.80% con relación al inventario realizado en 1990. El incremento medio

anual en altura en 1990 fue de 0.73 m/año y en el 2003 disminuyó a 0.64 m/año lo cual influyó al incrementar la edad de la masa forestal. El incremento periódico anual en volumen del área semillero incrementó un 2.9678 m en un periodo de 13 años, debido a la densidad que actualmente presenta el arbolado que es de 16 árboles/ha, ya que entre más espacio tenga el arbolado el incremento en volumen será mayor debido a la falta de competencia, por lo tanto, habrá más desarrollo y la producción de conos y semillas aumentará

Arteaga (2003) realizó una investigación de una plantación forestal de tres especies del género *Pinus* ubicada en Perote, Veracruz cuyos objetivos son; a) Conocer los rendimientos volumétricos maderables de una plantación forestal de tres especies de pino ubicada en Perote, Veracruz, y b) Estimar el desarrollo y comportamiento de sus variables dasométricas: diámetro normal, altura, área basal y volumen maderable a través del tiempo que lleva de establecida, y c) hacer una predicción a corto plazo de su desarrollo futuro con el uso de modelos probabilísticos, por medio de técnicas de muestreo se recabó información de sus variables dasométricas que sirvió para expresar en modelos probabilísticos su comportamiento actual y futuro. Se obtuvieron ecuaciones de volumen rollizo fuste total sin corteza (rft.sc) en función de diámetro y altura, para generar las tablas de volumen y se ajustaron modelos de crecimiento a nivel árbol para volumen, diámetro y altura. A la edad actual de la masa (14.6 años).

Piedra (1984) realizó el estudio “La variación geográfica en agujas, conos y semillas de *Pinus tecunumanii* en Guatemala”. En 108 árboles de 5 regiones geográficas de Guatemala, los resultados mencionan que no hubo diferencias significativas entre regiones y dentro de la aguja, cono y de semillas estudiadas.

Palomino (1991) menciona que se realizaron en el Perú durante los años 1980 – 1982 con el apoyo de la GTZ (Gobierno Alemán), ensayos experimentales con diferentes *Pinus*, *Eucalyptus*, *Cupressus*, obteniendo buenos resultados con el *Pinus tecunumanii*, es por ello que FONDEBOSQUE está promocionando la reforestación con esta especie originaria de Nicaragua. No hay estudios en la zona sobre los requerimientos nutricionales del pino.

1.2. TEORÍAS Y ENFOQUES

Dvorak, Hodge, & Romero (2001) menciona que el *Pinus tecunumanii* no mejorado genéticamente crece en un promedio de $14\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ en Venezuela y Brasil, $15\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ en Sudáfrica y $25\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ en Colombia con mediciones realizadas a los 8 años de edad. En el centro de Brasil *Pinus tecunumanii* crece con un ritmo similar al de buenas procedencias de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. En áreas subtropicales del sur de Brasil las buenas procedencias de *Pinus tecunumanii* producen, más o menos un 15% más en volumen que el *Pinus taeda* mejorado genéticamente. Tanto en Colombia como en Sudáfrica, el *Pinus tecunumanii* presenta un mejor crecimiento y desarrollo que el *Pinus patula* en estaciones más tropicales de baja altitud que van de 900- 1800msnm.

Zobel & Talbert (1988) describen que, la tasa de crecimiento promedio anual en altura en Nicaragua en altitudes que oscilan entre 500- 2600 msnm con precipitaciones de 1800- 2400mm, vario desde 1.92m en *Pinus patula* hasta 2.50 m en *Pinus maximinoi*; *Pinus greggii* y *Pinus tecunumanii*, además presentaron valores promedio de 2.19m. y 2.44m. respectivamente considerando así, estos valores, el crecimiento en altura de *Pinus maximinoi* es 30% mayor que el de *Pinus patula*. A pesar que el *Pinus greggii* generalmente tiene crecimiento menores que *Pinus patula*, ya que la primera procede de ambientes más secos y de mayor elevación, en este caso tuvo una tasa de crecimiento anual 14% mayor que la de *Pinus patula*. Es importante señalar que aunque el *Pinus patula* tuvo la menor tasa de crecimiento promedio anual delas cuatro especies evaluadas, el crecimiento en altura en el año fue de casi dos metros (1.92m), lo cual no es nada despreciable, comparado con otras especies de pino que tienen tasas de crecimiento mucho menores. Además, es posible que el menor crecimiento de *Pinus patula* esté relacionado con las desventajas iniciales de la especie ya que la planta tenía una menor edad (3 meses menor) al momento de establecer la plantación. Por otro lado, es posible que las diferencias en las tasas de crecimiento en altura observadas entre las especies no se mantengan al pasar el tiempo, debido a que las especies pueden modificar su tasa y su curva de crecimiento en altura con la edad.

Salazar (1999) menciona que a nivel de especies, en *Pinus maximinoi* se observó la mayor tasa de crecimiento en altura (2.50 m por año), con el menor número de ciclos de crecimiento (3.8 por año); en *Pinus tecunumanii* se observó una tasa de crecimiento

en altura similar a la de la especie anterior (2.44 m por año), pero desarrolló un mayor número de ciclos de crecimiento (5.5 por año); en *Pinus patula* se observó la menor tasa de crecimiento en altura de todas las especies evaluadas (1.92 m por año), y el mayor número de verticilos (5.8 por año) por lo que presentó la menor longitud promedio de éstos, remarcando las diferencias entre especies en el patrón estructural de desarrollo del brote terminal.

En todas las especies se observaron diferencias en la variación entre las procedencias en la tasa de crecimiento en altura de entre 20 y 50 cm por año. Sin embargo, en cada especie se encontraron patrones diferentes de asociación entre esta característica y el número de ciclos de crecimiento. En *Pinus patula*, el crecimiento promedio de las procedencias se correlacionó en forma positiva con el número de ciclos de crecimiento, mientras que en *pinus tecunumanii* la correlación fue negativa y en *Pinus maximinoi* y *Pinus greggii* la correlación no fue significativa. La altitud aproximada es de 1440 metros sobre el nivel del mar. Se tiene un clima templado lluvioso con una temperatura media anual de 15.9°C y una precipitación anual promedio de 2534 mm. La plantación se ubica en el Poblado de Patoltecoya en México.

Mesen (1990) menciona que en ensayos de procedencias en Costa Rica, las de *Pinus tecunumanii* superaron en crecimiento y forma a todas las que fueron evaluadas de *Pinus caribaea*. A los 7 años presentó alturas de 13.6-18.3 m, y DAP de 16.3-25.3 cm que en otros ensayos a la edad de 6.5 años, se obtuvieron IMAs sin corteza de 15.8-31.9 m³/ha/año. En altitudes que va de 440 msnm- 2800 msnm. Mientras en ensayos de progenies en Colombia, Brasil y Sudáfrica, se obtuvieron alturas promedio de 7.9-9.0m a los 5 años de edad. En plantaciones en Zimbabwe, alcanzaron alturas de más de 2.5 m a los dos años, más de 9m de altura y 13cm de DAP a los 5 años y más de 14m de altura y 21cm de DAP a los 8 años de edad. Algunos árboles presentaron un DAP de más de 30 cm a los 10 años. Los incrementos en volumen fueron estimados en 15-20m³/ha/año.

SILVIAGRO (1996) menciona que en los pinos se establecen incrementos desde 0.9 m³/ha/año, en los sitios más pobres, de hasta 18.6 m³/Ha/año en los mejores sitios, con un promedio nacional de 9.33 m³/ha/año el cual, aplicado a los 2.78 millones de ha. Existentes. Así actualmente alcanza un incremento potencial de 26 millones de m³ por

año en el país. En suelos profundos alcanza alturas considerables de hasta 40 m. y más, mientras que en suelos malos no se desarrolla más de 25 m. La altura del árbol está en estrecha relación con el diámetro y la calidad de sitio. Esta especie en los mejores sitios puede crecer hasta 30 cm. de altura en el primer año, pero por lo general las plántulas sólo tienen de 5 a 10 cm. de altura al finalizar el primer año. En altitudes que van de 900- 2000 msnm. En el bosque de Oyuca en Honduras con precipitación promedio total anual es de 938 mm. Distribuidos entre mayo y octubre, la temperatura media anual es de 23.3°C, las horas promedio de duración solar son de 190.7, la humedad relativa media anual es de 69.5%.

Cerda (2007) menciona que los árboles de *Pinus tecunumanii*, en esta zona de Yocul en Nicaragua, tienen alturas de 40 a 55 m, diámetro de 50 a 120 cm, con buen crecimiento en altitudes que varían de 1500 a 2600 msnm, precipitación de 1,800 a 2,400 mm, temperatura de 12 a 22°C, suelo con pH de 4.5 a 5.5; la recolección de la semilla se realiza entre los meses de invierno (enero y marzo), su almacenamiento se realiza en una cámara fría entre 3 a 4°C, siendo recomendable almacenar las semillas con un porcentaje de humedad de 6-8%, y un rango de germinación de 60-90%, requerimientos con los cuales pueden ser almacenada de 5 a 10 años.

CATIE (1991) describe al *Pinus tecunumanii*, mencionando que tiene un amplio rango de distribución altitudinal, que va desde los 440 – 2,800 msnm. El hábitat parece estar determinada por la geología y la precipitación pluvial de 790 – 2,200 mm, con ocurrencia en sitios de suelos moderadamente fértiles y profundos, ligeramente ácidos a neutros (pH 4,8-7,0) y bien drenados, temperaturas de 14°- 25°C. Puede crecer tanto en áreas donde llueve a lo largo de todo el año, como en sitios con estaciones secas de hasta seis meses. Se le encuentra frecuentemente en los valles fértiles o cañones de los ríos, formando pequeños rodales puros o en mezcla con *Pinus oocarpa*; en tierras más altas tiende a agruparse con *Pinus maximinoi*. En sitios más bajos puede encontrarse en mezcla con *Pinus caribaea*.

Domínguez (2001) evaluó la adaptación y el rendimiento de tres especies de pinos regionales (*Pinus tecunumanii* eguliz., *Pinus greggii* Engelm. y *Pinus cembroides* Zucc.) y además dos especies introducidas (*Pinus halepensis* Mill. y *Pinus brutia* Ten.), para la rehabilitación de sitios degradados por agricultura y pastoreo de la Sierra Madre

Oriental en el Municipio de Iturbide, N.L. Las variables medidas fueron los siguientes datos: sobrevivencia, altura, diámetro y volumen, después de nueve años de establecimiento en el sitio. Resultando que esas variables se compararon a través de un análisis de varianza ($P = 0.05$). Las especies con mayores porcentajes de sobrevivencia fueron *Pinus cembroides* y *Pinus greggii* con 48% y la especie con la más baja sobrevivencia fue *Pinus brutia* con 12%. La especie de mayor altura fue *Pinus greggii* con 5.17 m promedio y la de menor talla fue *Pinus cembroides* con 1.16 m. Las especies de mayor diámetro basal a la altura del suelo fueron *Pinus tecunumanii* y *Pinus greggii* con 10.3 cm promedio y la de menor diámetro *Pinus cembroides* con 2.38 cm. El mayor volumen lo alcanzó *Pinus greggii* con 29.33 m³/ha y el menor volumen se observó en *Pinus cembroides* con 0.342 m³/ha. Con base en estos valores se recomienda la plantación de *Pinus greggii*, *Pinus halepensis* y *Pinus cembroides*, para la rehabilitación de sitios degradados en el área de estudio. También se recomienda observar las principales fuentes de variación que controlan la mortalidad de estas especies de pinos para utilizarlos en rotaciones cortas para otros fines en tierras degradadas del noreste de México a una altitud de 1400msnm.

1.2.1. Inventario forestal

Malleux (1982) citado por Cal (2017) menciona que el inventario forestal es el procedimiento que permite recopilar eficientemente, información de área, localización, cantidad, calidad y crecimiento de los recursos maderables de un bosque.

FAO (2015) citado por Roque (2017) y menciona que un inventario forestal consiste en la recolección sistemática de datos sobre los recursos forestales de una zona determinada.

1.2.2. Diseño de inventario

Según la DGFFS (2010) el diseño del inventario comprende tres aspectos principales: i) el diseño de muestreo, ii) el diseño de la parcela de muestreo y iii) la determinación del tamaño de la muestra.

1.2.3. Diseño del muestreo

Entre los principales diseños de muestreo utilizados en la ejecución de inventarios forestales se encuentran los muestreos aleatorios simples, sistemático, estratificado, en conglomerado y doble. Los tres factores que determinan que diseño escoger en un

muestreo son: sencillez, costos y precisión requerida (Ortiz 2002, Melo *et al.*, 2003) referenciado por Roque (2017).

La DGFFS (2010) menciona varios diseños de muestreo: muestreo aleatorio sin estratificar, aleatorio estratificado, sistemático sin estratificar, sistemático estratificado.

1.2.4. Diseño de la parcela de muestreo

Es tratado como una sola unidad de muestreo o sea una sola observación.

1.2.5. Determinación del tamaño de la muestra

El cálculo del tamaño de la muestra es una de las decisiones más importantes a adoptar en la planificación del inventario forestal, puesto que determina la precisión y valor de los resultados, así como el tiempo y costos requeridos. Uno de los factores clave para determinar el tamaño de la muestra es la variabilidad de la población a inventariar. El tamaño de muestra se refiere al área total por inventariar, expresado en número de parcelas de un tamaño definido (Ortiz, 2002; referenciado por Roque, 2017)

1.2.6. Unidad de muestra

Dado que las poblaciones forestales son por lo general muy extensas y de difícil acceso su descripción se basa en una pequeña muestra de árboles, seleccionados de modo que representen a toda la población. Por razones prácticas, los árboles no se seleccionan individualmente, sino en grupos, llamados unidades muestrales (Prodan, 1997; referenciado por Roque (2017) también menciona que las unidades de muestreo o parcelas son aquellos elementos sobre los cuales se procede a hacer la evaluación, medición o cálculo de variables de interés Ortiz (2002) y el tamaño y forma de las unidades de muestreo están definidos, generalmente, por la practicidad y operabilidad de su demarcación y localización en el campo, que por cualquier otra argumentación (Pearce,2000; citado por Moscovich (2006).

1.2.7. Parcelas de investigación

Las parcelas de investigación son la herramienta más eficaz para conocer y monitorear las áreas forestales; proporcionando información sobre las condiciones de los bosques naturales y de las plantaciones, información necesaria para establecer estrategias de manejo, el desarrollo de modelos de crecimiento, la elaboración de tablas de

rendimiento en volumen y área basal, los monitoreos biológicos, entre otros Pinedo, (2000); referenciado por Cal, 2017.

En la descripción del área de muestreo Saket *et al.*, (2004) menciona que los datos se recogen mediante observaciones, mediciones y entrevistas a distintos niveles.

1.2.8. Tipos de parcela

Existen dos tipos de parcelas que, aunque tienen fines diferentes, unas pueden complementar a las otras, de manera que, tanto en bosques naturales como en plantaciones se pueden establecer ambos tipos de parcelas, y estas son:

a) Parcelas temporales

De acuerdo a Ugalde (2000) estas parcelas se miden normalmente una sola vez, aunque si se reubican podrían tener mediciones adicionales de manera que una parcela temporal puede eventualmente convertirse en una parcela permanente

b) Parcelas permanentes

Es la unidad mínima de muestreo, cuyo tamaño varía con respecto a los objetivos para los cuales es establecida; tiene como objetivo principal permitir mediciones periódicas y seguimiento del crecimiento, y desarrollo de los árboles que quedan dentro de la parcela por un periodo de años que dependerá de la edad de rotación de la especie, producto y calidad de sitio (INAB, 2012).

1.2.9. Tamaño y forma de las parcelas

Ugalde (2000) citado por Cal (2017) afirma que el tamaño de las parcelas está definido en función al número de árboles o en base a una superficie de área en metros cuadrados o en metros lineales en el caso de cercas vivas, árboles en líneas o en linderos, varía dependiendo de los objetivos de la investigación, del producto final y de las variables a medir; la forma de las parcelas puede ser variada, en el caso de un inventario de diagnóstico en una plantación comercial a veces se utilizan parcelas temporales circulares, sin embargo en el caso de parcelas permanentes en plantaciones con espaciamientos regulares, es más común utilizar parcelas rectangulares o cuadradas; facilitando la ubicación, la demarcación permanente y el sentido de medición de los árboles en mediciones consecutivas a largo plazo.

Es difícil dar recomendaciones generales sobre el tamaño de las parcelas pues esto depende de las condiciones del bosque, en aquellas con buena visibilidad puede ser mejor tener muchas parcelas pequeñas bien distribuidas. (Louman *et al.*, 2001; referenciado por Roque, 2017)

Roque (2017) señala que no hay informaciones acerca del mejor tamaño para unidades de muestreo, pero hace la salvedad que las unidades de tamaño pequeño proporcionan economía de tiempo, en tanto que las de mayor tamaño proporcionan reducción de mano de obra. En general se puede decir que el tamaño queda definido en función de la experiencia práctica y de un enfrentamiento entre beneficios y costos.

Para el establecimiento de las unidades de muestreo en campo, se han adoptado formas geométricas convencionales como cuadrados, rectángulos y circunferencias, las cuales pueden ser fácilmente implementadas con base en levantamientos topográficos de tipo planimétrico. Sin embargo, la consideración más importante a tener en cuenta es el efecto de borde que se pueda generar sobre la parcela, por lo tanto es más conveniente seleccionar formas con menor relación perímetro, superficie (Melo *et al.* 2003; referenciado por Roque, 2017)

En las especificaciones de las unidades de inventariación Saket, Aitrell, & Branthomme, (2004) describe a subparcelas circulares de radio 3,99 metros (50 m²)

1.2.10. Clasificación taxonómica de *Pinus tecunumanii*

Montoya (2011) clasifica el Pino hasta el nivel de género de la siguiente manera:

Reino : Plantae
División : Coniferophyta
Clase : Coniferopsida
Orden : Coniferales
Género : Pinus

Resaltando que el autor hace esta taxonomía para la especie *Pinus radiata* y *Pinus patula*, con lo que determinamos que para el *Pinus tecunumanii* es la misma ya que pertenecen al mismo género.

1.2.11. Distribución y hábitat de *Pinus tecunumanii*

FAO (2012) la distribución natural del *Pinus tecunumanii*, es principalmente en las montañas centrales de Guatemala. También se les encuentra en los estados de Oaxaca y Chiapas, al sur de México, norte de El Salvador, Sudeste de Honduras y Noreste de Nicaragua. Las condiciones del hábitat son un poco restringidas a las montañas subtropicales con precipitaciones anuales de 1,800 a 2,400 mm. Con temperatura media anual de 14°C y humedad relativa de más o menos 80%.

Dovorak (2000) menciona que también se ha encontrado en sitios con precipitación de 790 a 2200 mm y temperaturas de 14 a 25°C, puede crecer tanto en áreas donde llueve todo el año, así como en sitios con estaciones secas de hasta seis meses.

Habita en una gran variedad de suelos, desde los rojos arcillosos hasta los suelos profundos de origen volcánico, los cuales son ligeramente ácidos, con un pH de 4.5 a 5.5. Los mejores rodales fueron encontrados en los suelos más fértiles y bien drenados. Sin embargo, algunos fenotipos de calidad crecen en suelos arcillosos y pobres en materia orgánica.

1.2.12. Descripción morfológica de *Pinus tecunumanii*

Styles (1994) describe al género *Pinus* (familia Pinaceae) como uno de los tres géneros de gimnospermas que se encuentran en Nicaragua. Se diferencia fácilmente por el hecho de que las hojas en forma de aguja (acículas) nacen en fascículos de 2-6 rodeadas por vainas basales de bráctea. Tienen conos que consisten de escamas que se ponen duras y leñosas a la madurez. Cada escama produce 2 semillas aladas.

a) Altura

Cárdenas (2013) menciona que el *Pinus tecunumanii* puede alcanzar alturas de hasta 55 m, CATIE (1991) describe a la especie y menciona que puede alcanzar alturas de hasta 55 m y DAP de 50 – 90 cm; Ramírez (2010) menciona que éste pino es un árbol de 40 a 55 metros de altura, Gallo (2014) menciona que la especie tiene alturas de 40 a 55 metros, Styles (1994) menciona que son árboles de 30-40 m de alto, Espinoza (2005) referencia a OFI/CATIE (2004) y Missouri Botanical Garden (2005) y describe a ésta especie como árboles de 30 – 50 metros de alto.

b) Diámetro

CATIE (1991) menciona que puede alcanzar el DAP de 50 – 90 cm., Ramírez (2010) y Gallo (2014) mencionan que éste pino es un árbol de 50 a 120 centímetros de diámetro, libre de ramas hasta un 40 a 60% de su altura, y Cárdenas (2013) menciona que puede alcanzar DAP de 50 – 90 cm, Styles (1994) menciona que son árboles de 50-90cm de diámetro, Espinoza (2005) referencia a OFI/CATIE (2004) y Missouri Botanical Garden (2005) y describe a ésta especie como árboles de 50 – 100 centímetros de diámetro.

c) Fuste

Árbol de fuste recto y limpio de ramas hasta 40 – 60 por ciento de su altura Ramírez (2010) coincidiendo con Cárdenas (2013) y Espinoza (2005) refiriéndose a OFI/CATIE (2004) y Missouri Botanical Garden (2005), es considerado con mejor forma del fuste de todos los pinos de México y América Central; Copa: pequeña o compacta, cónica, con ramas delgadas y cortas; Corteza: gris rojiza, áspera y fisurada en la base del fuste, más lisa y rojiza en la parte superior; se exfolia en escamas, exponiendo la corteza interna de color rojo anaranjado CATIE (1991) y Gallo (2014) coincide al mencionar que tiene fuste recto, Styles (1994) describe que es Áspera y fisurada en la base del fuste, lisa y más delgada hacia arriba, grisácea, exfoliante en escamas, placas o tiras papiráceas, dejando manchas rojizo-anaranjadas por debajo y Según Styles (1994) tiene fuste recto a veces con engrosamientos nodales.

d) Rango altitudinal

Ramírez (2010) menciona que su distribución altitudinal varía de 100 a 2600 msnm. (CATIE, 1997; referenciado por Méndez, 2017). menciona que tiene rango altitudinal desde 440 msnm hasta 2800 msnm, por otro lado Cárdenas (2013) menciona que el *Pinus tecunumanii* tiene un amplio rango de distribución altitudinal, desde 440 – 2,800 msnm y Valdez (2005) menciona que las peores procedencias en cuanto a la producción en volumen del *Pinus tecunumanii* corresponden a las áreas de recolección situadas en altitudes elevadas de 2 200 m de la zona central de Chiapas o las entremezcladas con *Pinus oocarpa* Schiede, en el extremo meridional del ámbito geográfico del pino de la sierra en el centro de Nicaragua. (Llanos, 2006; referencia a FAO, 2005) y menciona que el *Pinus tecunumanii* se le encuentra entre los 440 hasta 2800 msnm; (Espinoza, 2005; referencia a Dvorak, Hodge y Romero, 2001), éste describe datos muy

importantes al mencionar que las procedencias del *Pinus tecunumanii* pueden dividirse en general en dos grupos en su ambiente original. Dos subpoblaciones grandes basadas en sutiles diferencias morfológicas de adaptabilidad: Las procedencias de altitudes elevadas, las que se dan aproximadamente entre los 1500 y 2900 m de altura; mientras que las procedencias de altitudes bajas se encuentran entre los 450 y los 1500 m de altitud.

1.2.13. Usos del *Pinus tecunumanii*

Guillespie (1992) menciona que el *Pinus tecunumanii* ha sido plantado por lo general como una especie industrial de crecimiento acelerado y alto rendimiento. La madera es de menor densidad y fortaleza que muchas coníferas de áreas templadas, pero es adecuada para construcción en general. La madera es de blanca a blanca amarillenta, con un duramen rosáceo y posee a menudo un fuerte contraste entre la madera más temprana de color claro y la madera tardía más oscura. La fortaleza y la densidad de la madera aumentan de manera marcada del centro hacia fuera, de manera que la madera exterior es apropiada para trabajos estructurales generales, mientras que la madera juvenil interior es más apropiada para la manufactura de cajas y contenedores grandes, tablillas para el techado y ensambladura de bajo costo. La madera se puede tratar con facilidad, es relativamente no resinosa y con poco olor, y es apropiada tanto para los tableros de partículas como pulpa.

1.2.14. Cálculo del volumen

Existen muchas maneras de calcular el volumen, parámetro dependiente de variables como la altura, diámetro y factor de forma.

Solano (2013), y DGFFS (2010) proponen la formula siguiente:

$$v = d^2 * L * 0.7854 * fc$$

Malpica (2016) referencia a varios autores y describe una serie de fórmulas matemáticas en función al diámetro inicial, medio y final de una troza, mencionadas formulas explican detalladamente que parámetros se requieren para obtener volúmenes más exactos, a continuación describimos tal conforme está escrito:

Smalian

$$v = \frac{\pi h}{8} (d_0^2 + d_f^2)$$

$$v = \frac{h}{8\pi} (c_0^2 + c_f^2)$$

Dónde:

V= volumen en metros cúbicos

d0 ; C0= diámetro, circunferencia de la sección en la base

df ; Cf =diámetro, circunferencia de la sección superior

h = longitud de la troza en metros.

Huber

Volumen a partir del diámetro en el medio de la troza (Huber)

$$V: (D \text{ med})^2 * 3.1416 * L/4$$

Ésta fórmula está mencionada en la tesis presentada por Yadira Alexandra Sánchez Sarango. 2012

$$v = \frac{\pi}{4} (d_m^2) h$$

$$v = \frac{h}{4\pi} (C_m^2)$$

$$v = 0.7854(d_m^2)h$$

$$v = 0.0796(C_m^2)h$$

dm; Cm =diámetro, circunferencia a la mitad de la longitud h

Cubicación con la fórmula del tronco de cono

$$v = \frac{\pi h}{12} (d_0^2 + d_f^2 + d_0 d_f)$$

$$v = \frac{L}{12\pi} (C_0^2 + C_f^2 + C_0 C_f)$$

☑ **Cubicación con la fórmula de Newton**

$$v = \frac{h}{6}(s_0 + s_f + 4s_m)$$

$$v = \frac{\pi h}{24}(d_0^2 + d_f^2 + 4d_m^2)$$

$$v = \frac{h}{24\pi}(C_0^2 + C_f^2 + 4C_m^2)$$

1.3. ASPECTO CONCEPTUAL

1.3.1. Dasometría

Ugalde (1981) define como la ciencia del campo forestal que se relaciona con la medida y estimación de las dimensiones de árboles y bosques, de su crecimiento y de sus productos. También se le llama dendrometría o mensuración forestal.

1.3.2. Variables dasométricas

MINAGRI-MINAM (2013) publica una lista de variables principales que se registran en el INF (inventario forestal nacional) organizados según nombre del indicador, en los cuales detallan el volumen bruto total (m³), volumen comercial total (m³), calidad de fuste, condición fitosanitaria, mortalidad de especies arbóreas (m³ por año), entre otras.

1.3.3. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Ugalde (1981) indica que es la más utilizada y/o típica, representa el diámetro a una altura de 1.30 m.

Ferreyra (2005) define como una medición directa y está normalizada su ubicación a 1.3 metros sobre el nivel del suelo y se denomina DAP o diámetro a la altura del pecho, también se le llama Diámetro Normal (DN). Este diámetro normalmente se mide con corteza y en la región se expresa en centímetros o pulgadas. Es la medición más importante en árboles en pie, ya que se relaciona con otras variables mediante regresiones.

MINAM (2015) denomina diámetro de fuste al DAP, para esta publicación consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los

puntos en que toca toda la circunferencia circunscrita al hacer un corte horizontal en el tronco.

1.3.4. Diámetro de copa

Ugalde (1981) recomienda medir la proyección de la copa sobre el suelo, describe que pocas veces tal proyección es circular, por lo que se debe medir el diámetro por lo menos en dos direcciones perpendiculares.

MINAM (2015) indica que la medición del diámetro o extensión de la copa de los árboles y arbustos (DC), permite calcular el grado de cobertura de una especie o de toda la población de un determinado tipo de vegetación.

1.3.5. Circunferencia

Ugalde (1981) menciona que la medida del fuste, cuando no se mide el DAP se puede usar esta variable para luego transformarlos en DAP, para esto hacemos uso de la fórmula:

$$\text{DAP} = \text{Circunferencia}/\pi$$

1.3.6. Altura

MINAM (2015) en la guía de inventario de la flora y vegetación señala acerca de los registros de variables entre los cuales está la altura que, según a esta guía es unas variables muy importantes que se mide en diferentes formas de vida vegetal.

Solano (2013) indica que la altura se determina mediante mediciones lineales que se toman desde un plano de referencia que generalmente es el nivel del suelo hasta los puntos que interesan medir.

1.3.7. Altura total

Solano (2013) define como la distancia vertical entre el nivel del piso y el ápice de un árbol; también define la altura comercial como la distancia entre el nivel del suelo y la posición terminal de la última porción utilizable del árbol.

MINAM (2015) considera desde el suelo hasta la cima de su copa o corona.

La altura total es la medida del árbol desde el nivel del suelo hasta la punta del árbol o sea es la distancia vertical entre la punta más alta de un árbol y el nivel del suelo.

1.3.8. Altura del fuste

MINAM (2015) señala que la medida del árbol desde el suelo hasta el inicio de la ramificación, donde también menciona que se utiliza para estimar el volumen maderable, biomasa y carbono del vuelo.

Es el volumen utilizable del árbol y se refiere únicamente a la madera que puede ser aprovechada, descontándose los defectos o volúmenes inservibles (Malleux 1982).

1.3.9. Métodos de Estimaciones dasométricas

Zepeda & Rivero (1984) clasifican a los métodos en directos e indirectos; en los primeros consideran la estimación en función de los datos dasométricos. Mientras que en los segundos está la estimación a partir de la relación que hay entre especies, la estimación a partir de las características de la vegetación, y la estimación a partir de factores topográficos, climáticos y edáficos. El índice de sitio es el proceso mediante el cual es posible estimar la productividad del sitio de masas coetáneas preferentemente puras, con base en relaciones altura dominante-edad. Asimismo, el índice de sitio es, en este caso, la altura dominante alcanzada por un rodal coetáneo, puro por lo general, a una edad determinada, a la que se le denomina edad base.

Klepac(1983) menciona que existe una gran cantidad de metodologías para la determinación o estimación del incremento en las masas arboladas, los cuales suelen dividirse en métodos directos y métodos indirectos; sin embargo, los más utilizados son los primeros, ya que son mucho más confiables que los indirectos, además de que su utilidad práctica ya ha sido probada y aceptada; estos métodos se pueden clasificar en cuatro grupos: tablas de incremento y producción, método del taladro de Pressler, método de control y análisis troncal.

1.3.10. Cinta

Ugalde (1981) se puede utilizarse cualquier cinta graduada en m, cm o mm, con ésta se miden circunferencias.

1.3.11. Forcípula

Solano (2013) enumera diversos instrumentos para medir el diámetro, entre ellos están: la regla simple graduada, cinta métrica, cinta diamétrica, la forcípula, la horqueta, regla de Biltmore, lignómetro, microdendrómetro, entre otros.

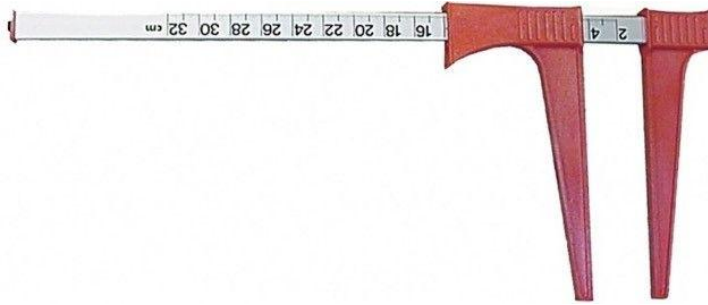


Figura 1.1. Forcípula

Fuente: Ugalde (1981)

1.3.12. Observación del árbol

Una idea clara de cómo evaluar las especies forestales nos menciona el PROYECTO PCT/URU/3002 (2006) donde detalla que una observación apropiada debe de tener en cuenta los siguientes factores:

a) Forma del árbol

Las especies forestales tienen una forma y un crecimiento básicamente determinados por la información genética. Esta información se maneja por medio de la selección y los métodos de multiplicación, que buscan uniformizar forma y altura junto a otras características deseables. Sin embargo, ese árbol puede verse diferente según este aislado o integrando una plantación.

b) El tronco

El pino tecunumanii es una especie sobresaliente por su rápido crecimiento y su fuste completamente cilíndrico, esta característica se presenta con un gran potencial para la reforestación en regiones tropicales y subtropicales. Las experiencias en Selva Central (Oxapampa y Chanchamayo) con esta especie, han demostrado su buen comportamiento en sistemas agroforestales con café, linderos y recuperación de suelos degradados en laderas. En sistemas agroforestales con café la competencia es muy baja, produce una buena sombra y por hectárea pueden sembrarse hasta 280 árboles por tener una copa pequeña. (INAP, 1999).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el distrito de Kimbiri ubicado en la margen derecha del río Apurímac, entre los distritos de Pichari y Vilcabamba en la provincia de La Convención, departamento del Cusco. Pertenece a la zona de Selva Alta (Ceja de selva), abarcando varios pisos ecológicos.

2.1.1. Ubicación geográfica

Latitud : 12°29'18''

Longitud : 73°50'30''

Altitud : 540 msnm

2.1.2. Límites

- Por el norte con el distrito de Pichari, provincia de La Convención; desde la desembocadura de Pacchalaja en el río Apurímac hasta la colina al Nor Este.
- Por el sur con el distrito de Vilcabamba, provincia de La Convención.
- Por el este con el distrito de Echarate.
- Por el oeste con el departamento de Ayacucho.

2.1.3. Extensión superficial

El distrito posee una extensión superficial de 1,134.69 km², (INEI, 2011).

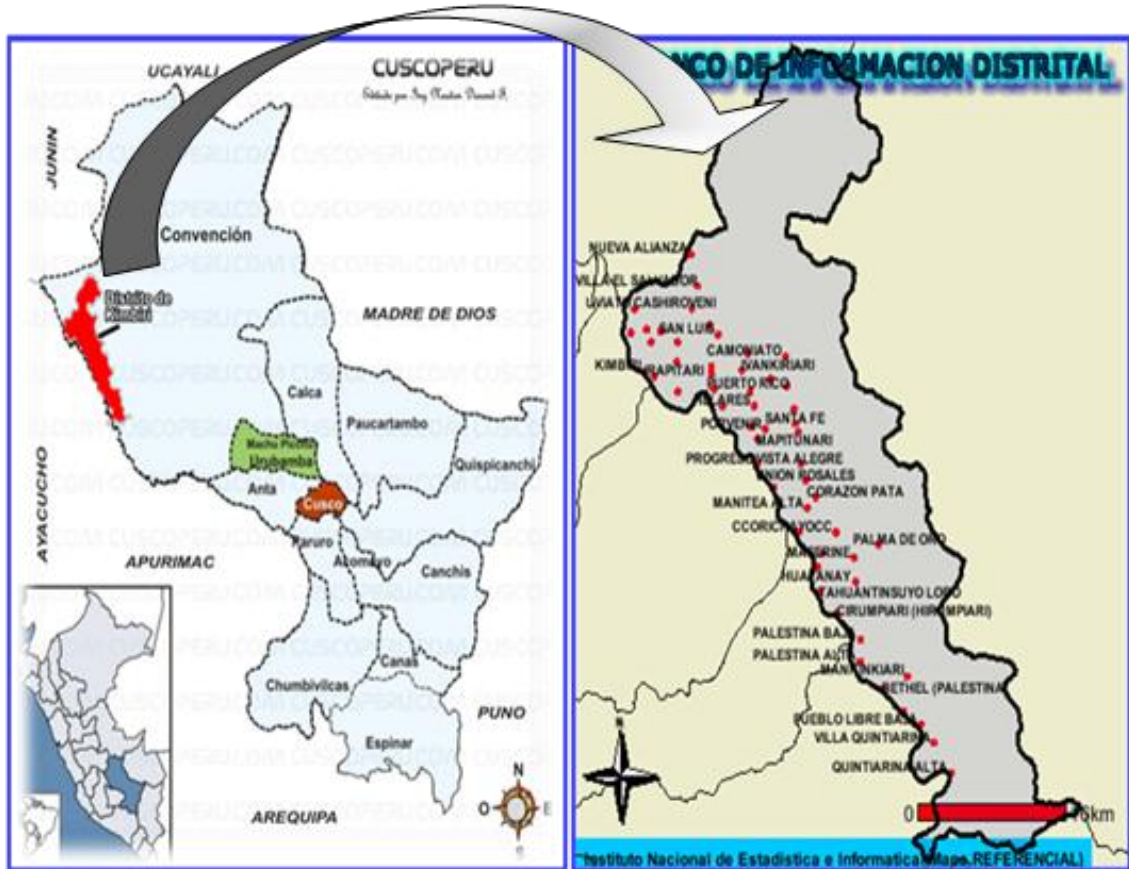


Figura 2.1. Mapa del distrito de Kimbiri

2.1.4. Características edafoclimáticas de la zona

a) Clima

Núñez (2011) señala que las precipitaciones son altas entre los 1,800 a 2,200 mm/anales; en los meses de diciembre abril son más intensas llegando a un rango de 500 a 700 mm/mensuales, las mínimas se presentan en los meses de junio-agosto; las lluvias están influenciadas por los vientos del este, noreste y sur que traen consigo nubes húmedas, provenientes de la llanura amazónica. Presenta una temperatura promedio de 25°C en los meses de octubre a febrero y con mínimas hasta 19°C en los meses de mayo a julio.

La radiación solar diaria en promedio fluctúa entre 280 a 450 cal/gr/cm², satisfaciendo plenamente la demanda energética de los cultivos.

Tabla 2.1. Balance hídrico del distrito de Pichari, año 2017

DATOS CLIMÁTICOS	AÑO - 2017												TOTAL ANUAL	TEMP MEDIA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
T° Max med-men (°C)	31.00	31.00	31.00	32.00	31.00	30.00	30.00	31.00	30.00	32.00	31.00	31.00		30.92
T° Min med-men (°C)	20.00	20.00	19.00	19.00	17.00	16.00	16.00	17.00	17.00	19.00	19.00	19.00		18.17
T° med-men (°C)	25.50	25.50	25.00	25.50	24.00	23.00	23.00	24.00	23.50	25.50	25.00	25.00		24.54
Precip. total (mm)	305.90	381.20	354.6	432.9	105.7	125.6	40.5	139	72.8	216.8	106.8	237.5	2519.30	
Precip. efectiva (mm)	101.75	101.75	101.75	101.75	70.46	83.27	14.73	89.30	44.27	101.75	71.17	101.75	983.70	
Evapotrans. Pot. (mm)	342.02	297.80	299.40	256.36	220.98	192.08	205.65	240.18	266.00	320.63	324.35	340.96	3306.39	
Fc (corrección)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30		
Evapotrans. correg. (mm)	101.76	89.34	89.82	76.91	66.29	57.62	61.69	72.05	79.80	96.19	97.31	102.29		
Humedad del suelo (mm)	-0.01	12.41	11.93	24.84	4.17	25.65	-46.96	17.25	-35.53	5.56	-26.14	-0.54		
Exceso de humedad (mm)		12.41	11.93	24.84	4.17	25.65		17.25		5.56				
Déficit de humedad (mm)	0.01						46.96		35.53		26.14	0.54		

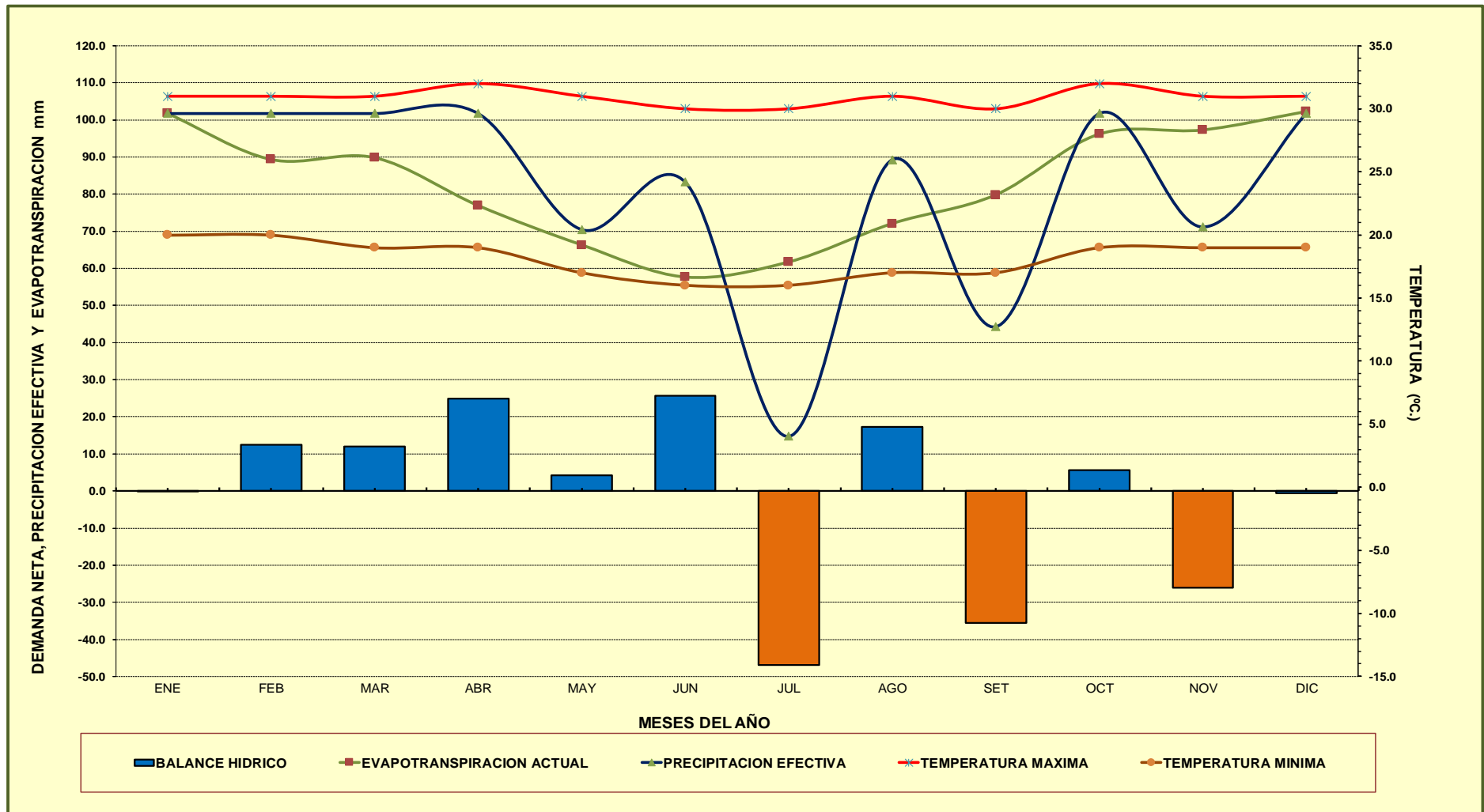


Figura 2.2. Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico del año 2017, de la Estación Meteorológica de Pichari, La Convención, Cusco

Tabla 2.2. Balance hídrico del distrito de Pichari, año 2018

DATOS CLIMÁTICOS	AÑO - 2018												TOTAL ANUAL	PROM.
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
T° Maxima (°C)	30.90	30.5	31.0	32.0	31.2	30.4	29.8	31.2	30.3	31.7	31.1	30.4		30.9
T° Mínima (°C)	19.2	19.4	19.1	18.5	16.9	15.8	15.8	16.9	16.9	18.3	18.4	18.5		17.8
T° Media (°C)	25.1	25.0	25.1	25.3	24.1	23.1	22.8	24.1	23.6	25.0	24.8	24.5		24.3
Factor	5.0	4.5	5.0	4.8	5.0	4.8	5.0	5.0	4.8	5.0	4.8	5.0		
ETo (mm)	124.2	111.8	124.2	121.2	119.3	110.9	113.1	119.3	113.3	124.0	118.8	121.3	1421.4	118.4
Precipitación (mm)	173.0	164.0	168.0	90.0	46.0	27.0	32.0	58.0	82.0	103.0	106.0	130.0	1179.00	
ETo (mm)	103.06	92.72	103.06	100.53	98.95	91.97	93.80	98.95	93.96	102.86	98.54	100.59		
H° del suelo (mm)	69.94	71.28	94.94	-10.53	-52.95	-64.97	-61.80	-40.95	-11.96	0.14	7.46	29.41		
Déficit (mm)	---	---	---	-10.53	-52.95	-64.97	-61.80	-40.95	-11.96	---	---	---		
Exceso (mm)	69.94	71.28	64.94	---	---	---	---	---	---	0.14	7.46	29.41		

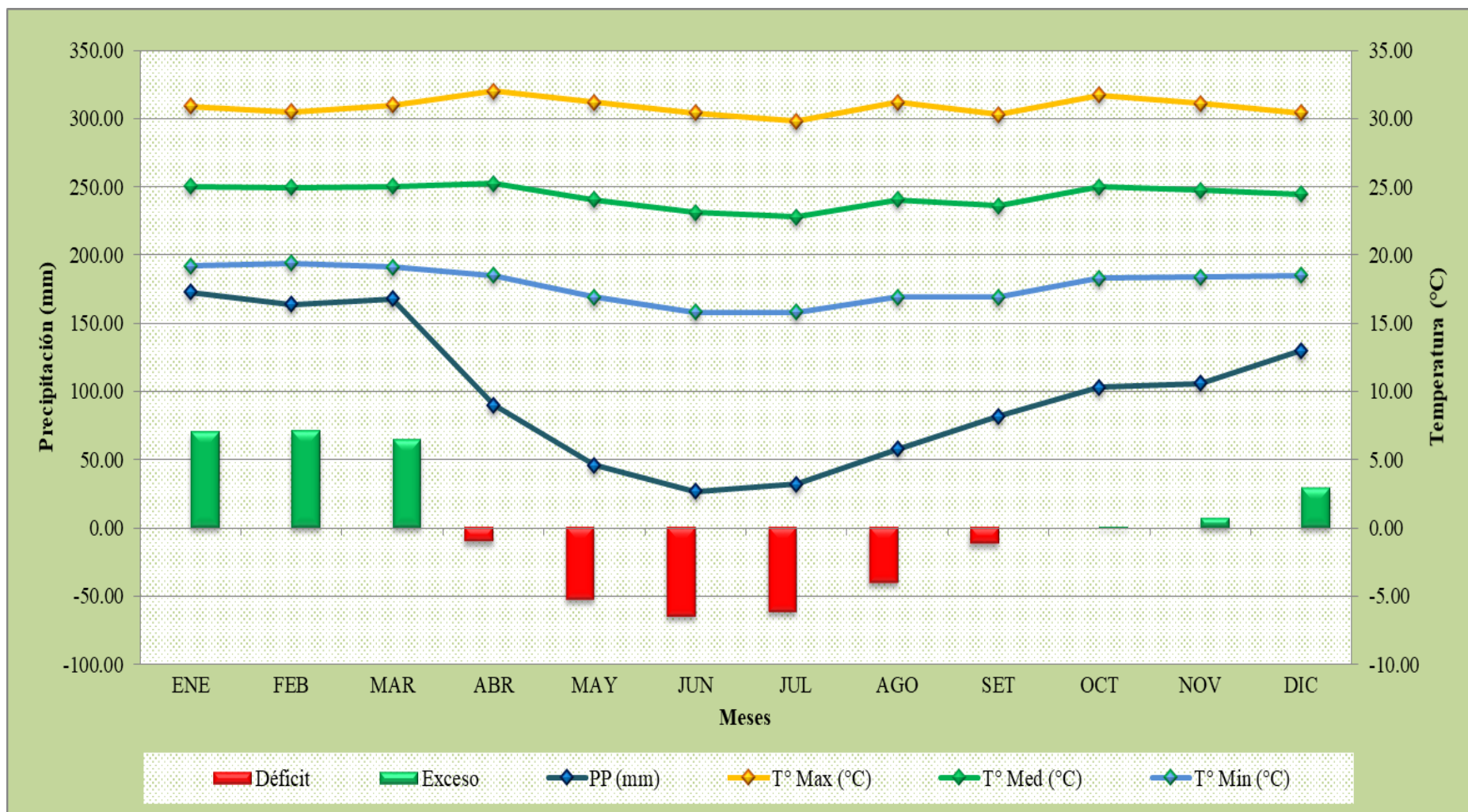


Figura 2.3. Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico del año 2018, de la Estación Meteorológica de Pichari, La Convención, Cusco

b) Temperatura

Según la Estación Meteorológica Pichari, citado por Micro ZEE – Pichari (2017) se registra la temperatura máxima anual para este distrito hasta los 31°C; la temperatura mínima anual desciende hasta los 18°C y con media anual de 25°C.

Tabla 2.3. Temperatura (°C) anual enero 2016 a diciembre 2016 (540 msnm)

TEMPERATURA MENSUAL (°C)														
REGISTRO HISTÓRICO														
Estación	: PICHARI												Distrito	: PICHARI
Longitud	: 12°31'19.9" W												Provincia	: LA CONVENCION
Latitud	: 73°50'22.28" S												Región	: CUSCO
Altitud	: 540 msnm													
T°	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	T° ANUAL	
MÍNIMA	20	20	19	19	17	16	16	17	17	19	19	19	18	
MÁXIMA	31	31	31	32	31	30	30	31	30	32	31	31	31	
MEDIA	25	25	25	25	24	23	23	24	24	25	25	25	25	

Fuente: Estación Meteorológica Pichari, citado por Micro ZEE - OT- Pichari - 2017

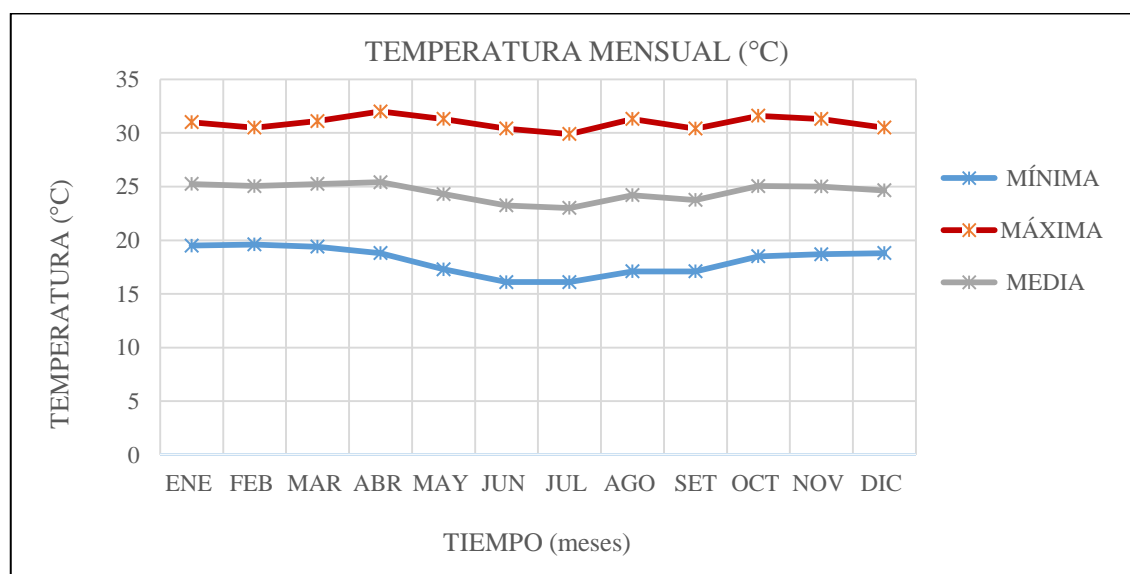


Figura 2.4. Temperaturas (mínima, media y máxima) en el distrito de Pichari, Enero 2016 a Diciembre 2016 (540 msnm)

Fuente: Estación Meteorológica Pichari - Elaboración propia

c) Precipitación

Se presentan en la tabla, la información que se obtuvo de la Estación Meteorológica de la Municipalidad distrital de Pichari (540 msnm, Latitud Sur 12° 31' 19.9" y Longitud Oeste 73° 50' 22.28"). La precipitación media anual en Pichari es de 2315.17 mm, con

valores: mínimo y máximo de 1920.55 mm y 3008.90 mm. (Estación Meteorológica Pichari, citado por Micro ZEE - OT- Pichari - 2017).

Tabla 2.4. Precipitación enero 2007 a diciembre 2016 (540 msnm)

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)														
REGISTRO HISTÓRICO														
Estación	: PICHARI													
Longitud	: 12°31'19.9" W						Distrito	: PICHARI						
Latitud	: 73°50'22.28" S						Provincia	: LA CONVENCION						
Altitud	: 540 msnm						Región	: CUSCO						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
2007	189.4	611.7	494.0	600.8	110.4	53.3	95.5	118.4	176.8	227.9	139.0	191.7	3008.9	
2008	250.9	255.5	311.3	321.2	114.3	59.7	145.7	143.8	155.3	223.6	116.4	210.3	2307.9	
2009	203.8	161.1	265.3	293.7	144.3	138.4	92.8	111.7	127.4	223.7	135.5	213.9	2111.5	
2010	205.7	111.0	216.4	258.5	116.6	87.2	104.2	91.1	116.3	227.2	158.0	228.3	1920.6	
2011	234.2	223.3	291.7	306.1	136.5	100.4	104.6	136.8	141.0	203.2	137.1	222.3	2237.1	
2012	185.0	185.0	245.4	455.0	111.0	101.1	61.0	145.0	182.5	216.3	162.5	268.1	2318.0	
2013	304.5	166.6	250.6	311.4	111.2	112.1	114.5	81.5	171.6	244.4	174.4	315.7	2358.5	
2014	177.9	161.2	228.5	295.3	146.8	82.6	105.5	126.0	136.4	226.2	182.2	282.2	2150.8	
2015	240.5	187.8	256.9	272.9	153.9	72.2	170.5	117.2	159.2	241.7	163.7	183.1	2219.5	
2016	305.9	381.2	354.6	432.9	105.7	125.6	40.5	139.0	72.8	216.8	106.8	237.5	2519.2	
MEDIA	229.77	244.43	291.46	354.78	125.06	93.26	103.48	121.06	143.92	225.09	147.56	235.31	2315.17	
MÁXIMA	305.88	611.72	493.95	600.82	153.89	138.43	170.48	145.02	182.49	244.37	182.19	315.74	3008.90	
MÍNIMA	177.86	110.99	216.38	258.54	105.71	53.32	40.50	81.51	72.80	203.19	106.80	183.10	1920.55	
D. EST.	46.59	148.56	82.09	108.16	18.17	27.63	37.04	21.74	33.10	11.97	24.66	41.75	291.41	

Fuente: Estación Meteorológica Pichari, citado por Micro ZEE - OT- Pichari - 2017

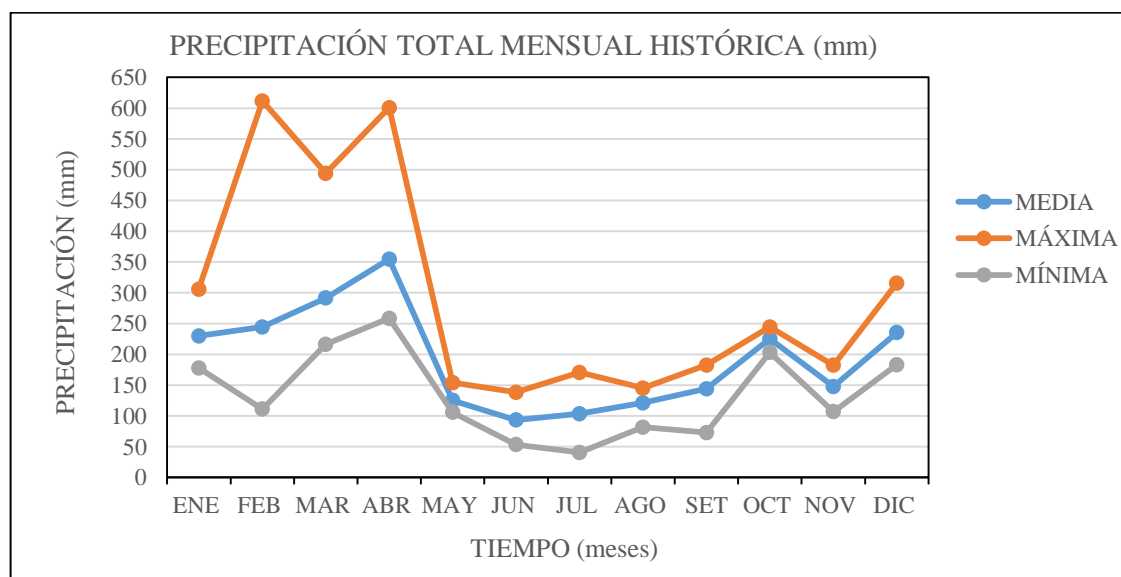


Figura 2.5. Precipitación (mínima, media y máxima) en el distrito de Pichari, enero 2007 a diciembre 2016 (540 msnm)

Fuente: Estación Meteorológica Pichari - Elaboración propia

d) Humedad relativa

Tabla 2.5. Humedad relativa durante enero 2012 a junio 2017 (540 msnm)

REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA MENSUAL (%)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2012	78.2	75.8	78.6	75.0	65.7	64.7	61.2	60.3	65.9	61.8	70.2	70.6
2013	81.0	84.1	81.4	77.6	70.5	63.8	60.5	68.9	69.4	73.3	67.6	78.2
2014	79.9	82.3	83.8	76.3	72.3	62.0	63.5	73.3	69.5	72.4	77.0	81.6
2015	86.6	90.3	90.7	92.3	91.0	86.6	81.4	83.3	87.1	78.4	61.7	66.0
2016	68.8	75.7	74.6	76.6	67.6	65.2	62.5	53.3	53.0	64.3	54.0	65.8
2017	72.1	74.7	78.5	70.8	66.0	63.4	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
MÍNIMA	68.8	74.7	74.6	70.8	65.7	62.0	60.5	53.3	53.0	61.8	54.0	65.8
MÁXIMA	86.6	90.3	90.7	92.3	91.0	86.6	81.4	83.3	87.1	78.4	77.0	81.6
MEDIA	77.8	80.5	81.3	78.1	72.2	67.6	65.8	67.8	69.0	70.0	66.1	72.4

Fuente: Estación Meteorológica Pichari, citado por Micro ZEE - OT- Pichari - 2017

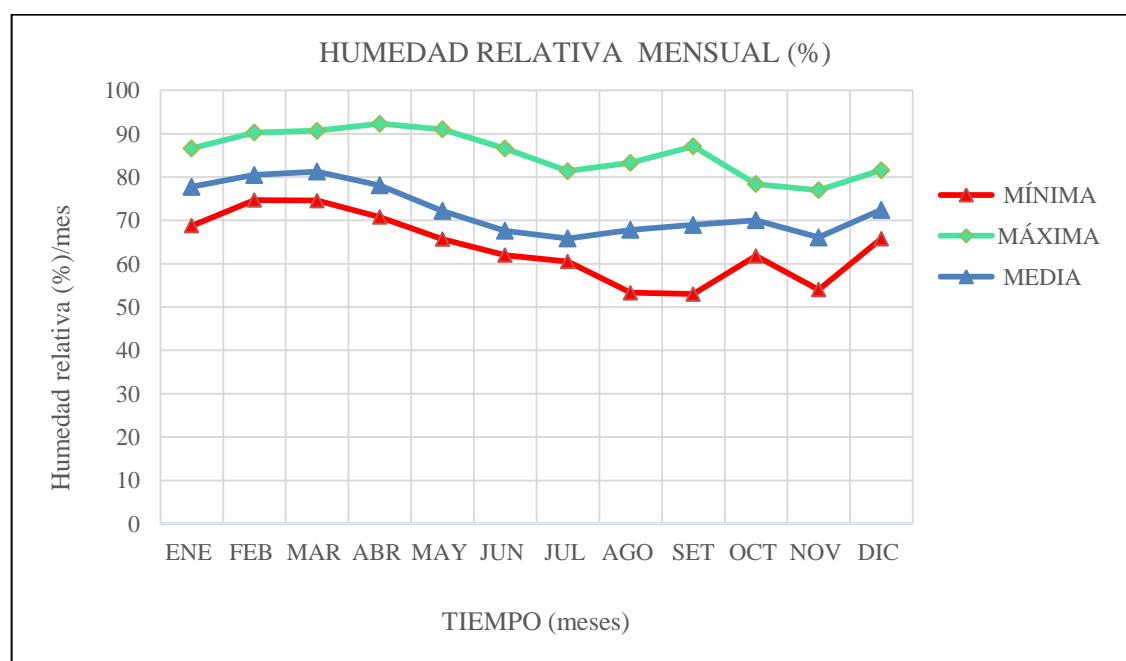


Figura 2.6. Humedad relativa (%) (mínima, media y máxima) en el distrito de Pichari, enero 2012 a diciembre 2017 (540 msnm)

Fuente: Estación Meteorológica Pichari - Elaboración propia

e) Horas de sol

Tabla 2.6. Horas de sol, durante enero 2009 a diciembre 2016 (540 msnm)

HORAS DE SOL MENSUAL REGISTRO HISTÓRICO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2009	4.27	3.25	3.30	4.33	6.24	8.29	6.33	8.27	7.31	6.22	6.31	4.24
2010	4.29	4.31	4.26	7.24	8.36	7.26	8.27	8.24	7.32	6.29	8.26	6.33
2011	3.20	4.25	5.30	7.30	7.28	7.24	8.22	8.32	6.28	7.27	7.33	4.25
2012	5.32	5.30	4.32	7.30	8.30	8.30	8.29	7.36	6.32	8.23	7.30	7.31
2013	5.27	2.28	3.33	5.26	7.26	8.21	7.25	8.31	6.24	6.36	6.32	5.30
2014	5.29	5.27	5.33	7.24	9.21	7.30	8.28	7.26	4.25	6.29	8.27	5.23
2015	7.24	0.29	1.24	6.29	8.35	8.28	8.25	8.25	7.26	5.29	7.27	3.27
2016	4.24	5.26	5.30	7.29	9.25	7.29	8.29	7.26	7.31	6.22	6.31	4.24
MÍNIMA	3.20	0.29	1.24	4.33	6.24	7.24	6.33	7.26	4.25	5.29	6.31	3.27
MÁXIMA	7.24	5.30	5.33	7.30	9.25	8.30	8.29	8.32	7.32	8.23	8.27	7.31
MEDIA	4.89	3.78	4.05	6.53	8.03	7.77	7.90	7.91	6.54	6.52	7.17	5.02

Fuente: Estación Meteorológica Pichari, citado por Micro ZEE - OT- Pichari - 2017

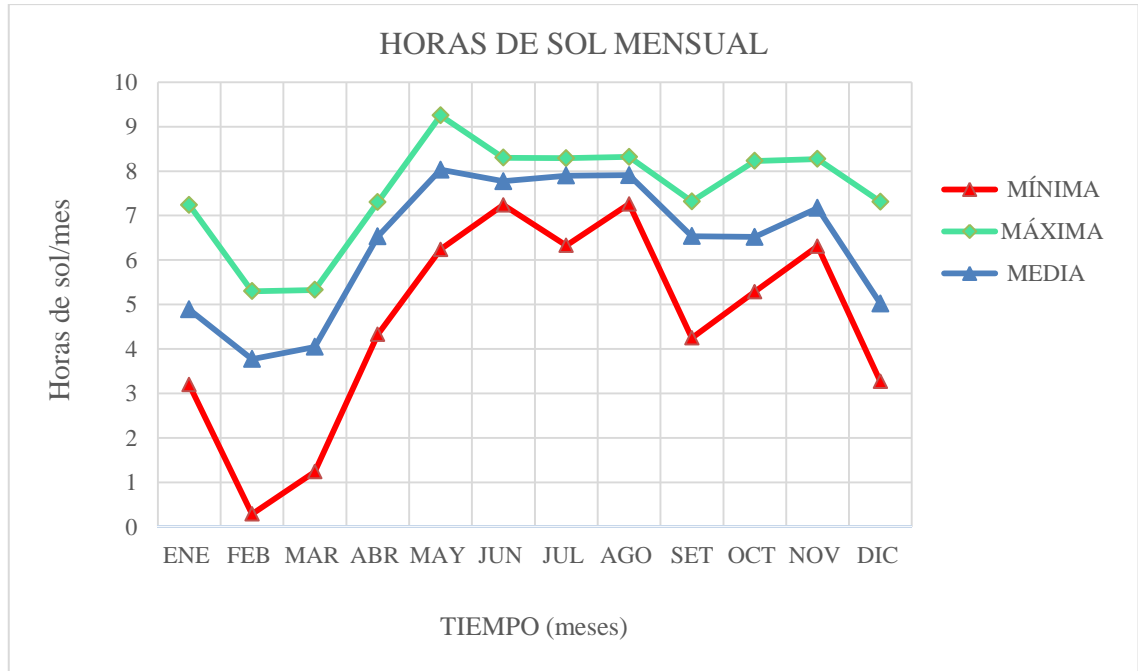


Figura 2.7. Horas del sol (mínima, media y máxima) en el distrito de Pichari, (540 msnm)

Fuente: Estación Meteorológica Pichari - Elaboración propia

f) Evapotranspiración

En el mes de febrero se registra 120 mm/mes mínimo valor, el máximo valor es de 162 mm en el mes de noviembre. (Estación Meteorológica Pichari, citado por Micro ZEE - OT- Pichari - 2017).

Tabla 2.7. Evapotranspiración potencial mensual enero a diciembre 2016 en el distrito de Pichari, (540 msnm)

PARÁMETRO DE CÁLCULO	UNIDAD	MESES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura Media Mensual	°C	25.5	25.7	25.9	26.1	25.6	24.8	24.8	25.3	25.4	26.4	26.0	25.8
TF - Temperatura Media Mensual	°F	77.93	78.17	78.59	78.98	78.02	76.59	76.64	77.55	77.80	79.50	78.84	78.39
RMM - Radiación E Terrestre, equivalente de evaporación	mm	515.4	457.1	476.6	417.7	384.3	344.9	368.8	406.8	439.4	489.8	492.8	512.3
S - Porcentaje de Horas de Sol	%	36.85	33.87	36.36	52.31	68.93	68.42	70.06	65.91	54.73	52.35	52.43	39.27
RSM - Radiación Equivalente Mensual	mm	234.7	199.5	215.5	226.5	239.3	213.9	231.5	247.7	243.8	265.8	267.6	240.8
CE - Factor de Corrección por Altitud		1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022
ETo - Evapotranspiración Potencial	mm	140	120	130	137	143	126	136	147	145	162	162	145

Fuente: Estación Meteorológica Pichari, citado por Micro ZEE - OT- Pichari - 2017

El clima corresponde al denominado Clima Tropical, por su ubicación en zona de selva alta, en donde tiene la ocurrencia de altas precipitaciones, nivel de humedad alto y temperaturas muy cálidas.

g) Hidrografía

Núñez (2011) indica que el principal río es el Apurímac, límite natural con el departamento de Ayacucho, de mucha importancia económica a nivel del valle. A través de este río las comunidades ubicadas a ambos márgenes se comunican y transportan sus productos; sus afluentes con pendientes y caudales diversos, son ricos en peces y pueden ser aprovechados para consumo humano, piscigranjas, generación de energía eléctrica, riego y otros.

h) Recurso forestal

Núñez (2011) manifiesta que el distrito de Kimbiri, pertenece a una zona tropical, cálida, húmeda, lluviosa y consecuentemente, de abundante vegetación. Está considerada como Selva Alta o Rupa Rupa, por lo tanto, encontramos especies maderables de alto rendimiento económico como tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*),

caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela* sp.), roble (*Aniba* sp.), diablo fuerte (*Podocarpus* sp.), alcanfor (*Cinnamomum* sp.), lagarto fuerte (*Calyophyllum* sp.), quinacho (*Myroxylum balsamum*), palo lechero (*Ficus* sp.), aceite maría (*Brosimum* sp.).

Además, existen otras especies con potencial maderero como son, palo de balsa (*Ochroma pyramidale*), cachimbo huillca (*Schizolobium* sp), moena (*Ocotea* sp.), y especies sin identificar como lagarto caspi, palo amarillo, achiote y palillo. Asimismo, existen plantas medicinales como jengibre, huairuro, sangre de grado (*Croton* sp.), bálsamo, nogal (*Juglans* sp), cascarilla (*Cinchona* sp), pilón, ojé, jagua, insira, etc.

i) Recurso fauna

Núñez (2011) indica que existe un potencial muy rico de especies animales silvestres que están en situación de desprotección. La mayoría es objeto de caza indiscriminada por consiguiente están expuestas al peligro de extinción. Entre las especies de mamíferos tenemos: leopardos (*Panthera* sp), zorros (*Vulpes* sp.), tigrillos (*Leopardus* sp.), sachavaca (*Tapirus* sp.), sajino (*Pecari* sp.), osos perezosos (*Melursus* sp.) y hormiguero (*Vermilingua* sp.), diversidad de monos, tortugas motelos, sihua, ronsoco, samani, ardilla, etc. Entre las aves se tiene al gallito de las rocas (*Rupicola peruviana*), pájaro carpintero, halcones, aves zancudas y otras. En peces: boquichico (*Prochilodus* sp), zúngaro (*Zúngaro* sp.), doncella (*Coris* sp.), bagre, carachama, etc. Reptiles: lagarto, serpiente, lagartijas, etc. Se utilizan en la alimentación perdiz, mono, venado, samaño, tortuga, ardilla, capiz, sihua y añuje.

j) Recurso suelo

Núñez, (2011) manifiesta que es el principal potencial productivo de la comunidad, con fines de aprovechamiento agrícola, forestal y ganadera. El 2.81% son tierras aptas para cultivos 3,188 Has; sólo 0.17% 193 has aptas para pastos. La tierra apta para manejo forestal representa el 64.51% (73,199 Has); mientras que las tierras de protección comprenden el 32.51%; que equivale a 36,889 hectáreas. Como consecuencia, el potencial económico de la Comunidad en función al tipo de suelos y el relieve predominante, debe centrarse fundamentalmente en el manejo de aquellos con aptitud forestal y de protección.

2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

- Regla milimétrica
- Forcípula
- GPS Garmin 64 SC
- Software libre SIG
- Laptop personal
- Cámara fotográfica
- Formatos de registros de inventario
- Motocicleta
- Eclímetro o hipsómetro
- Wincha

2.3. FACTORES EN ESTUDIO

2.3.1. Pisos altitudinales (P)

- 750 msnm
- 1000 msnm
- 1250 msnm

2.3.2. Edad de las plantaciones (E)

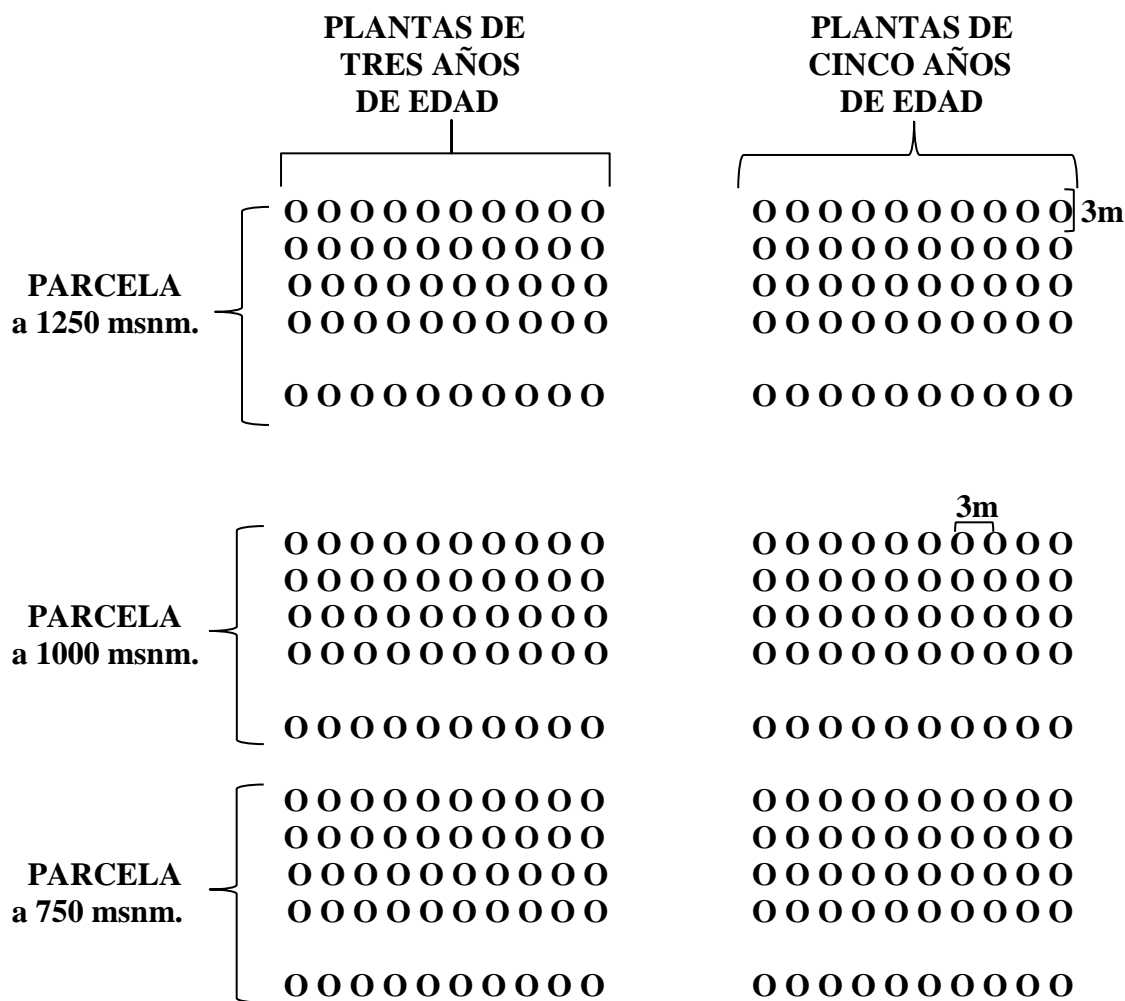
- Tres años de edad.
- Cinco años de edad

2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el Diseño anidado de pisos altitudinales por repetición en un experimento factorial de tres (3) altitudes x dos (2) edades cuya unidad experimental integrada por 50 árboles.

Con los datos obtenidos en campo se efectuaron el análisis de variancia y la prueba de contraste de Tukey.

CROQUIS DEL ENSAYO



2.5. PARÁMETROS EVALUADOS

2.5.1. Altura total

Con una regla graduada (listones de madera adecuadas y graduadas en centímetros y metros) se utilizó para medir la distancia vertical entre el nivel del piso y el ápice del árbol.

2.5.2. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Se procedió a medir el diámetro de cada *Pinus tecunumanii*, ubicando la forcípula en el fuste del árbol aproximadamente a 1.30 metros del suelo.

2.5.3. Diámetro de copa

Para obtener el valor del diámetro de copa se midió la proyección de la copa sobre el suelo, por lo menos en dos direcciones perpendiculares, debido a la forma de copa.

Calidad de fuste, se determinó en base a tres categorías:

A= Fuste recto, no acanalado;

B= Fuste inclinado, fisurado, hendido;

C= Fuste muy inclinado, acanalado, podrido

2.5.4. Volumen

El volumen se calculó con la formula general, referenciado por Solano (2013)

$$V = \pi/4 * DAP^2 * At * fc$$

$$* DAP^2 * At * fc$$

Dónde:

V = volumen (m³)

D = diámetro a nivel del pecho (DAP, 1.30 m del suelo, expresado en metros)

L= altura comercial (metros)

$\pi/4$ = constante

Fc = factor de forma o factor mórfico (0.70)

2.6. PROCEDIMIENTO

Se ubicó plantaciones de *Pinus tecunumani* de 3 y 5 años de edad en tres pisos altitudinales (750, 1000 y 1250 msnm). En el primer piso altitudinal se ubicó una población de 0.5 ha de pino con 3 años de edad y 0.5 ha de pino con 5 años de edad; del mismo modo, para los otros dos pisos altitudinales. Para cada piso altitudinal y cada edad de los pinos se delimitó 380 m², totalizando 2280 m²

Dentro de cada muestra se tomaron 50 pinos para evaluar haciendo un total de 150 pinos de 3 años de edad distribuidos en tres pisos altitudinales y 150 pinos de 5 años de edad distribuidos en los mismos pisos altitudinales.

2.6.1. Tamaño y forma unidad de muestreo

La muestra (380 m²) fueron de forma circular de 11 metros de radio, estas formas circulares son equiáreas que permiten disminuir al máximo el número de pinos que caigan en el límite de la muestra moderando así el efecto de borde, asimismo, permite una facilidad en la medición de una sola distancia (Mackay, 1997).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DE LA ALTURA TOTAL DE LOS ÁRBOLES

Tabla 3.1. Análisis de Variancia de la altura de árboles de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales y dos edades

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Repetición (altitud)	147	343.842	2.339	1.13	0.228 ns
Edad	1	394.683	394.683	190.84	0.000 **
Altitud	2	41.661	20.830	10.07	0.000 **
Edad x Altitud	2	186.961	93.480	45.20	0.000 **
Error	147	304.022	2.068		
Total	299	1271.169			

C.V. = 19.3%

En la tabla 3.1 se presenta el análisis de variancia de la altura de árboles de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales y de dos edades, donde se observa que existe diferencia altamente significativa para las fuentes de variación edad, altitud y también para la interacción de edad por altitud, lo que quiere decir que por lo menos una variable es diferente a las otras.

Tabla 3.2. Prueba de Tukey para el efecto principal para la altura de árboles de *Pinus tecunumanii* considerando las dos edades

Edad (años)	N	Media (m)	Tukey
5	50	8.85	a
3	50	6.56	b

La significancia de la interacción, permite que el estudio se torna más interesante a nivel efectos principales, de ahí que se procedió a realizar la prueba de contraste de los

efectos principales tanto de edad como de altitud, la misma que se muestra en la tabla 3.2, donde se observa que los árboles de 5 años de edad son superiores (8.85 m). A los de tres años de edad que alcanzaron sólo 6.56 m de altura.

Estos resultados, son, al parecer, lógicos por cuanto el crecimiento es directamente proporcional al tiempo, entonces como existe dos años de diferencia el resultado es normal, es decir a mayor tiempo de crecimiento mayor altura.

Tabla 3.3. Prueba de Tukey para efecto principal para la altura de árboles de *Pinus tecunumanii* considerando las tres altitudes

Altitud (msnm)	N	Media (m)	Tukey
1000	50	8.13	a
750	50	7.76	a
1250	50	7.22	b

En la tabla 3.3. Se presenta prueba de Tukey para la altura de árboles de *Pinus tecunumanii* considerando las altitudes donde se observa que la altura de los árboles ubicados en las altitudes promedio de 1000 (8.13 m) y 750 msnm (7.76 m) son iguales estadísticamente, pero superiores a los árboles que se encuentran creciendo a 1250 msnm (7.22 m). Estos valores, nos indican que a mayor altura el crecimiento es más lento respecto a 1000 y 750 msnm.

Tabla 3.4. Prueba de Tukey para el efecto simple de altura de árboles de *Pinus tecunumanii* considerando las dos edades en las tres altitudes

Edad (años)	Altitud (msnm)	N	Media (m)	Tukey
5	1000	50	9.550	a
5	1250	50	9.170	a
5	750	50	7.830	b
3	750	50	7.680	b
3	1000	50	6.710	c
3	1250	50	5.274	d

En la tabla 3.4. se presenta la prueba de Tukey para el efecto simple de altura de árboles de *Pinus tecunumanii* considerando las dos edades en las tres altitudes donde se observa

que los árboles de cinco años de edad que se encuentran a 1000 y 1250 msnm presentan las mayores alturas que los demás, seguido de los árboles de 5 años ubicados a 750 msnm y de los de tres años de edad que se encuentran a los 750 msnm, y posteriormente, los árboles de tres años de edad ubicados a los 1000 y 1250 msnm con las más bajas alturas.

Al respecto, Salazar y otros (1999) reportan 2.44 metros de crecimiento por año para ésta especie en altitud de 1440 msnm, Mesen (1990) reporta 13.6 – 18.3 metros de altura total en 7 años, en Costa Rica y altitudes de 440 – 2800 msnm, el mismo autor reporta para Colombia, Brasil y Sudáfrica alturas en promedio de 7.9 – 9 metros en 5 años de edad; por su parte SILVIAGRO (1996) reporta que alcanza alturas considerables de hasta 40 metros en suelos profundos y en suelos malos no se desarrolla más de 25 metros en altitudes que van de 900 – 2000 msnm.

SILVIAGRO (1996) menciona que la altura del árbol está en estrecha relación con el diámetro y la calidad de sitio, esta especie en los mejores sitios puede crecer hasta 30 cm. de altura en el primer año, pero por lo general las plántulas sólo tienen de 5 a 10 cm. de altura al finalizar el primer año en altitudes que van de 900 - 2000 msnm.

En Nicaragua Cerda (2007) encontró que en altitudes que varían de 1500 – 2600 msnm, tienen alturas de 40 a 55 metros y CATIE (1991) menciona que puede alcanzar alturas de hasta 55 metros, Styles (1994) reporta que el *Pinus tecunumanii* tiene alturas de 30 – 40 metros y Dvorak, Hodge, & Romero(2001) menciona que tanto en Colombia como en Sudáfrica, el *Pinus tecunumanii* presenta un mejor crecimiento y desarrollo que el *Pinus patula* en estaciones más tropicales de baja altitud que van de 900- 1800 msnm.

3.2. DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (DAP)

Tabla 3.5. Análisis de Variancia del diámetro a la altura del pecho (DAP) de árboles de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales y dos edades

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Repetición (altitud)	147	654.02	4.449	0.89	0.768 ns
Edad	1	2652.21	2652.21	528.27	0.000 **
Altitud	2	208.33	104.16	20.75	0.000 **
Edad x Altitud	2	57.67	28.83	5.74	0.004 *
Error	147	738.02	5.02		
Total	299	4310.25			

C.V.= 21.2 %

En la tabla 3.5 se presenta el análisis de variancia del diámetro a la altura de pecho (DAP) de árboles de *Pinus tecunumanii* cultivados en tres pisos altitudinales y de dos edades donde se observa que existe diferencia altamente significativa para las fuentes de variación edad, altitud y diferencia significativa para la interacción de edad por altitud, lo que quiere decir que por lo menos una variable es diferente a las otras y que el estudio de la interacción se torna más interesante, de ahí que se procedió a realizar la prueba de contraste de Tukey de los efectos simples y principales tanto de edad como de altitud.

Tabla 3.6. Prueba de Tukey para el efecto principal diámetro a la altura del pecho (DAP) del fuste de *Pinus tecunumanii* considerando las dos edades

Edad (años)	N	Media (cm)	Tukey
5	50	13.56	a
3	50	7.61	b

En la tabla 3.6 se observa que los árboles de 5 años de edad son superiores con 13.56 cm de DAP a los árboles de tres años de edad que alcanzaron sólo 7.61 cm de DAP. Estos resultados, indican ser lógicos por cuanto al crecimiento normal del DAP es directamente proporcional al tiempo, entonces como existe dos años de diferencia el resultado es normal, es decir a mayor tiempo de crecimiento, el DAP es mayor en árboles de cinco años de edad.

Tabla 3.7. Prueba de Tukey para efecto principal para el diámetro a la altura del pecho del fuste de *Pinus tecunumanii* considerando las tres altitudes

Altitud (msnm)	N	Media (cm)	Tukey
750	50	11.76	a
1250	50	10.13	b
1000	50	9.88	b

En la tabla 3.7. Se presenta la prueba de Tukey para el diámetro a la altura del pecho (DAP) de árboles de *Pinus tecunumanii* considerando las altitudes donde se observa que el diámetro a la altura del pecho del fuste de los árboles que crecen en las altitudes de 750 msnm es superior con 11.76 cm de DAP a los que se encuentran a 1250 y 1000 msnm que solo alcanzaron 10.13 y 9.88 cm de DAP que a su vez, son iguales estadísticamente. Estos valores, posiblemente se debe que a menor altitud existe un mayor incremento de crecimiento del diámetro a la altura del pecho que aquellos árboles que se encuentran creciendo a mayores (1000 y 1250 msnm).

Tabla 3.8. Prueba de tukey para el efecto simple para el diámetro a la altura del pecho (DAP) de árboles de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales y dos edades

Edad (años)	Altitud (msnm)	N	Media (cm)	Tukey
5	750	50	15.340	a
5	1250	50	12.890	b
5	1000	50	12.450	b
3	750	50	8.172	c
3	1250	50	7.368	c
3	1000	50	7.300	c

En la tabla 3. 8 se muestra la prueba de tukey del efecto simple para el diámetro a la altura del pecho (DAP) de árboles de *Pinus tecunumani* en tres pisos altitudinales y dos edades donde se observa que los árboles de cinco años de edad ubicados a 750 msnm alcanzan el mayor valor (15.34 cm de DAP) que los demás, seguido de árboles de cinco años de edad ubicados a 1000 y 1250 msnm que son iguales estadísticamente, luego se encuentran los árboles de tres años de edad que presentan valores estadísticamente iguales en las tres altitudes.

Mensen (1990) Menciona en Costa Rica donde el *Pinus tecunumanii* presentó diámetros a la altura del pecho (DAP) entre 16.3 y 25.3 cm, en altitudes que va de 440 a 2800 msnm, pero en 7 años de edad. Del mismo modo, Domínguez, Navar y Loera (2001) mencionan que el diámetro alcanzado por ellos es de 10.3 cm en promedio a los 9 años de edad a 1400 msnm. Por lo tanto, es un valor inferior a los encontrados en el presente trabajo a los tres años de plantación mientras que ellos evaluaron a los nueve años de edad, es decir, tres veces la edad.

Asimismo, si contrastamos con lo que menciona Mesen (1990) refiriéndose a Zimbabwé, que a los 5 años el *Pinus tecunumanii* alcanza 21 cm de DAP, y Cerda (2007) señala que los árboles de *Pinus tecunumanii*, en Yocul - Nicaragua, tienen diámetro de 50 a 120 cm, con buen crecimiento en altitudes que varían de 1500 a 2600 msnm, esta diferencia de diámetros tiene mucho que ver con los que menciona CATIE (1991) en el sentido de que el *Pinus tecunumanii* tiene un amplio rango de distribución altitudinal, que va desde los 440 – 2,800 msnm.

3.3. DEL DIÁMETRO DE COPA

Tabla 3.9. Análisis de variancia del diámetro de copa de árboles de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales y dos edades

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Repetición (altitud)	147	14.945	0.1017	0.83	0.875 ns
Edad	1	49.386	49.3850	401.56	0.001 **
Altitud	2	0.402	0.2010	1.63	0.199 ns
Edad x Altitud	2	0.0191	0.0096	0.08	0.925 ns
Error	147	18.079	0.1230		
Total	299	82.830			

C.V. = 22.07%

En la tabla 3.9 se presenta el análisis de variancia del diámetro de copa de árbol de *Pinus tecunumani* en tres pisos altitudinales y a dos edades donde se observa existe diferencia altamente significativa sólo para edad de árboles, lo que significa que uno de ellos es diferente al otro y, precisamente, para saber cuál de ellos es mayor se realizó la prueba de contraste de Tukey para efecto principal.

Tabla 3.10. Prueba de Tukey para efecto principal para el diámetro de copa de árbol de *Pinus tecunumani* considerando las dos edades

Edad (años)	N	Media (m)	Tukey
5	50	1.99	a
3	50	1.18	b

En la tabla 3.10 se observa que los árboles que tienen cinco años de edad presentan 1.99 m de diámetro de copa y son superiores a los árboles de tres años de edad (1.183 m).

El hecho de encontrar no significativo para la variable altitud significa, tal como se observa en la tabla 3.10, que las tres altitudes son estadísticamente iguales, tanto en los árboles de cinco años como en los de tres años, asimismo, podemos señalar que la altitud no influye en el diámetro de copa de los árboles ni a los tres ni a los cinco años. Sin embargo, numéricamente el diámetro de copa de árboles de cinco años de edad es mayor que el diámetro de copa de los árboles de tres años de edad.

Al respecto, Zobel & Talbert (1988) describe que la tasa de crecimiento promedio anual en altura en Nicaragua en altitudes que oscilan entre 500- 2600 msnm con precipitaciones de 1800- 2400 mm, varió desde 1.92 m en hasta 2.50 m en *Pinus tecunumanii*. Salazar, y otros (1999) mencionan que en *Pinus tecunumanii* se observó una tasa de crecimiento de 2.44 m por año, por otro lado, es posible que las diferencias en las tasas de crecimiento en altura observadas entre los pinos no se mantengan al pasar el tiempo, debido a que las especies pueden modificar su tasa de crecimiento en altura con la edad.

3.4. DEL VOLUMEN DEL *Pinus tecunumanii*

Tabla 3.11. Análisis de variancia del volumen (m³) de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales a los 3 años de edad

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Altitud	2	44349.73	22174.87	536.59	<0.0001
Error	147	6074.81	41.33		**
Total	149	50424.54			

C.V. = 31.64 %

En la tabla 3.11 se presenta el análisis de variancia del volumen (m^3) de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales a los tres años de edad se observa alta significación estadística para altitud, lo que quiere decir que, por lo menos uno de ellos es diferente a los demás, para conocer cuál de ellos es diferente se realizó la prueba de contraste de Tukey (ver figura 3.1) donde se puede observar que el piso de 1000 msnm ($0.0446 m^3$) es muy superior a los otros dos pisos altitudinales que tienen $0.008 m^3$ de volumen de madera.

Al respecto, el coeficiente de variación es un valor de alta variabilidad en los resultados producto de la fuerte variación ambiental del volumen en la altitud de 1000 msnm frente a los menores valores del volumen obtenidos en las altitudes evaluadas a 750 y 1250 msnm.

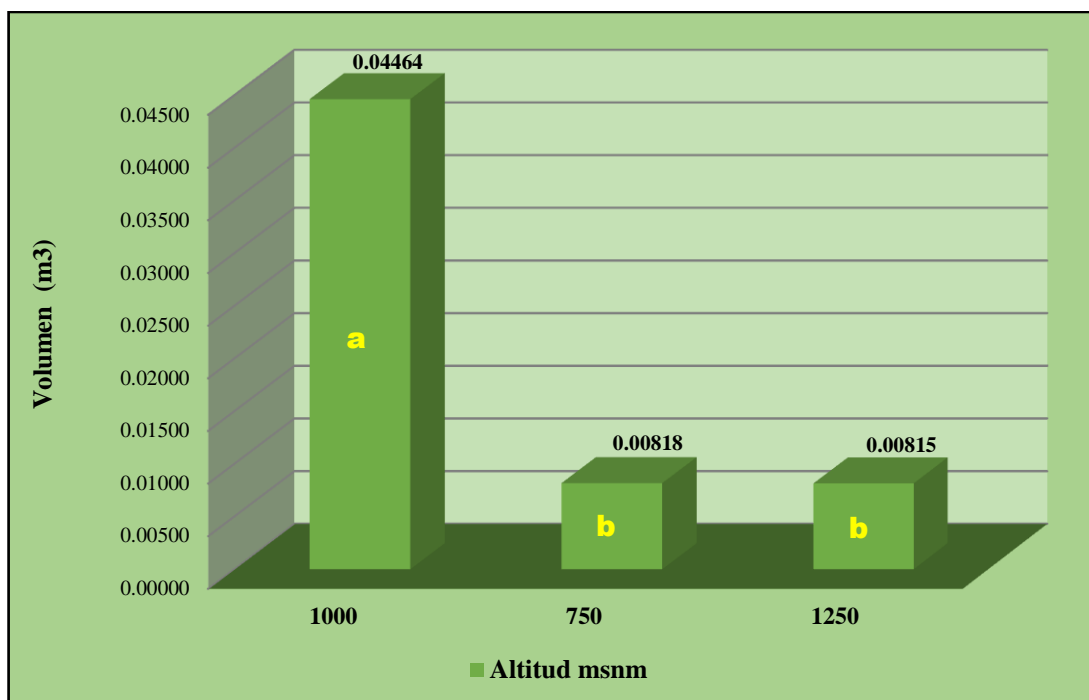


Figura 3.1. Prueba de Tukey del Volumen m^3 de *Pinus tecunumanii* de 3 años de edad en tres pisos altitudinales

Al respecto, podemos indicar que el piso intermedio es el que proporciona las mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo del *Pinus tecunumanii*, además, sigue la misma tendencia que los parámetros altura y diámetro a la altura de pecho (DAP) del árbol.

Tabla 3.12. Análisis de variancia del volumen (m^3) de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales a los 5 años de edad

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Altitud	2	49329.76	24664.88	164.48	<0.0001 **
Error	147	22043.49	149.96		
Total	149	71373.25			

C.V. = 16.55 %

En la tabla 3.12 se presenta el análisis de variancia del volumen (m^3) de *Pinus tecunumanii* en tres pisos altitudinales a los cinco años de edad donde se observa alta significación estadística para altitud, lo que quiere decir que, por lo menos uno de ellos es diferente a los demás, por lo tanto, para conocer cuál de ellos es diferente se realizó la prueba de contraste de Tukey (ver figura 3.2) donde se puede observar que el piso altitudinal de 750 msnm ($0.0968 m^3$) es superior estadísticamente a los pisos altitudinales, 1000 y 1250 msnm que alcanzaron 0.0726 y $0.0525 m^3$ de volumen de madera, respectivamente.

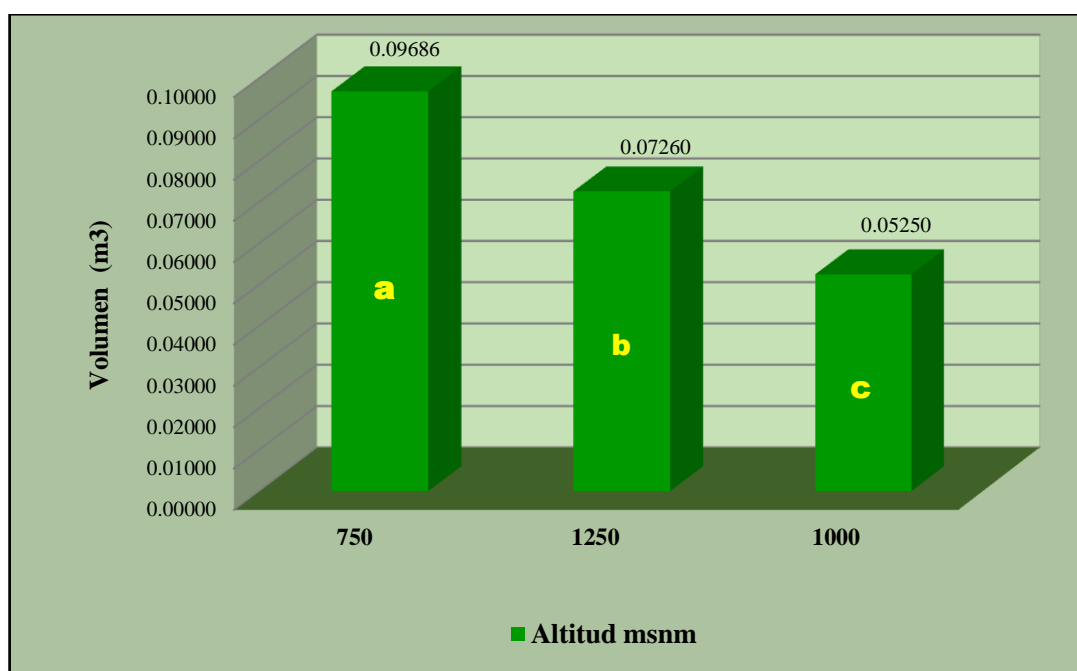


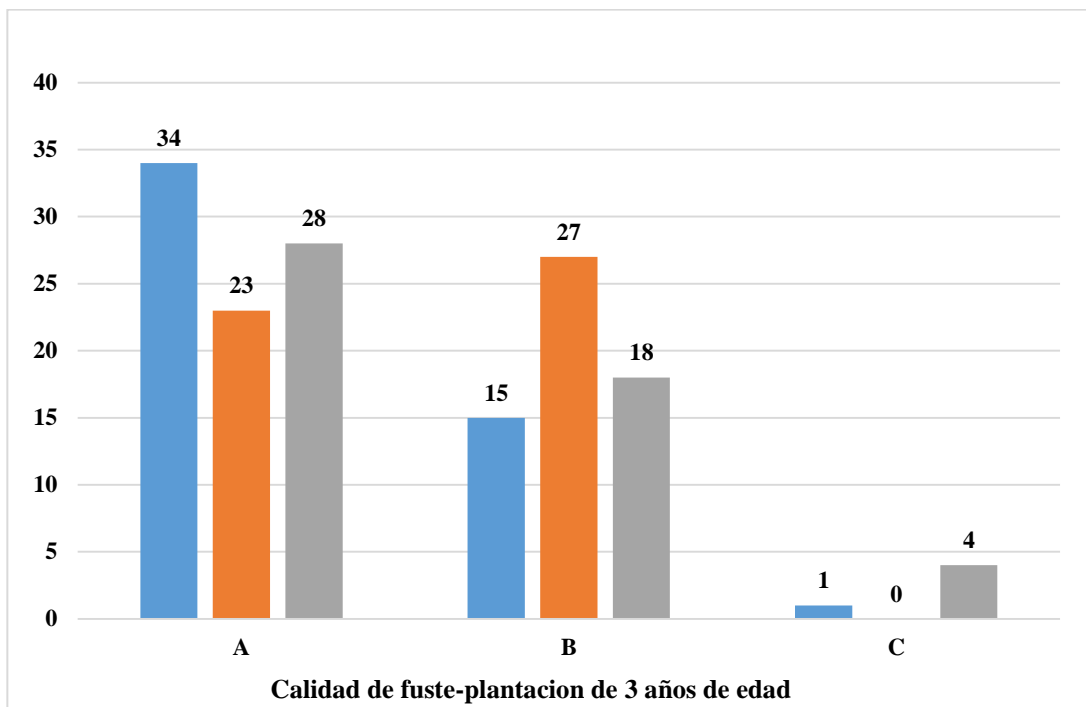
Figura 3.2. Prueba de Tukey del Volumen (m^3) de *Pinus tecunumanii* a los 5 años de edad en tres pisos altitudinales

También, es necesario señalar que el coeficiente de variación es un valor de buena precisión, por lo tanto, la variación esta explicada por la variación del volumen dentro de cada altitud.

Respecto a este resultado, podemos indicar que a medida que avanza el tiempo el *Pinus tecunumanii* se adapta mejor al piso altitudinal más bajo (750 msnm) lo que se traduce en un mayor volumen de madera respecto a las altitudes de 1000 y 1250 msnm.

Dvorak (2000) corrobora los resultados obtenidos en *Pinus tecunumanii* a los 5 años en los tres pisos altitudinales, señalando que, tanto en Colombia como en Sudáfrica, el *P. tecunumanii* presenta un mejor crecimiento y desarrollo que el *P. patula* en estaciones más tropicales de baja altitud. El *Pinus tecunumanii* no es resistente al frío y sufre grandes daños por fuertes heladas.

3.5. DE LA CALIDAD DE FUSTE

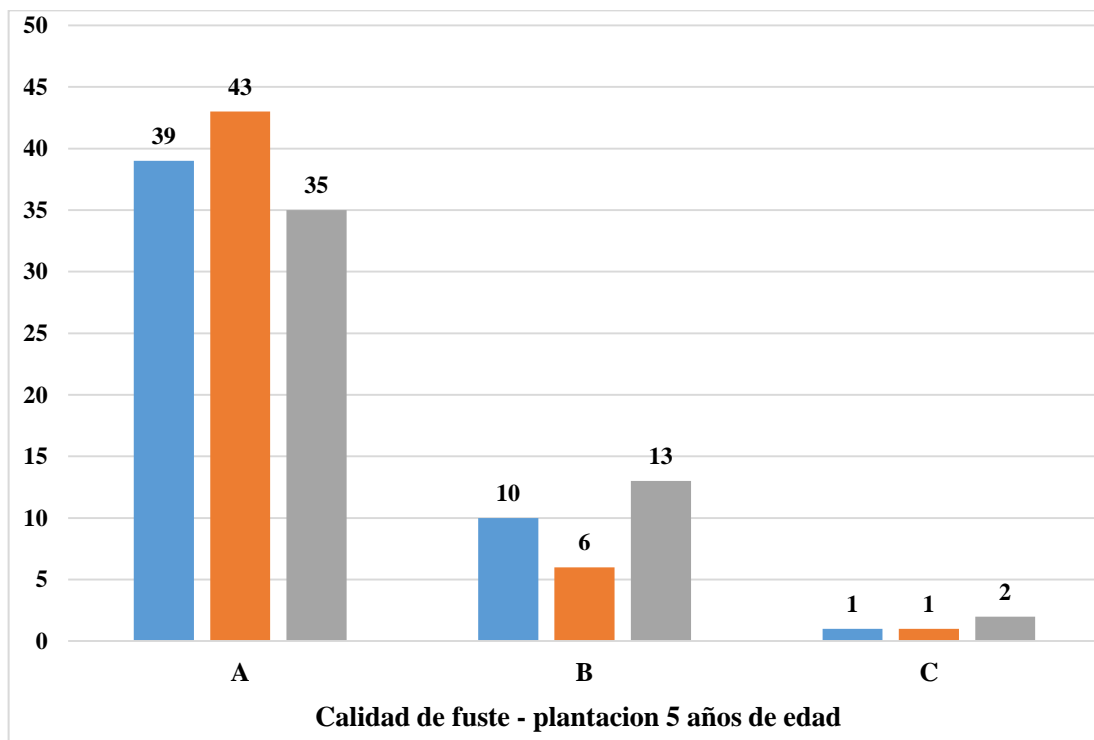


A = Fuste recto, no acanalado; B = Fuste inclinado, fisurado, hendido; C = Fuste muy inclinado, acanalado, podrido

Figura 3.3. Calidad de fuste de los pinos de 3 años de edad en tres pisos altitudinales

La figura 3.4 se presenta la calidad de fuste de árboles de pinos de tres años de edad en tres pisos altitudinales, donde se observa que el 57% de árboles analizados pertenecen a la calidad de fuste A, es decir, con fuste recto y no acanalado, mientras que el 40% corresponden la calidad de fuste B, pues, tienen fuste inclinado, fisurado y hendido y, el 5% pertenecen a la calidad de fuste C, porque tienen un fuste muy inclinado, acanalado y podrido. Asimismo, se observa el mayor número (34) de árboles con fuste de calidad A se produce al 750 msnm seguido de 28 árboles que se producen a 1250 msnm y finalmente a 1000 msnm se produce sólo 27 árboles.

La mayor cantidad de árboles con fuste recto obtenido en el presente trabajo concuerda con lo obtenido por Ramírez (2010) coincidiendo con Cárdenas (2013) y Espinoza (2005) referenciando a OFI/CATIE (2004) y Missouri Botanical, Garden (2005), CATIE (1991) y Gallo (2014) sin embargo, existe arboles con problemas de torceduras, fisuras, ásperas tal como lo menciona Styles (1994).



A= Fuste recto, no acanalado; B= Fuste inclinado, fisurado, hendido; C=Fuste muy inclinado, acanalado, podrido

Figura 3.4. Calidad de fuste de los pinos de 5 años de edad en tres altitudes

En la Figura 3.5 se muestra la calidad de fuste de pinos de 5 años de edad en tres altitudes donde se observa que existe un 78% de árboles con fustes de calidad A, seguido de un 19% de árboles con fuste de calidad B y un 03% de árboles que produce fustes de calidad C. Además, se observa que a los 1000 msnm se produce la mayor cantidad de árboles con fuste de calidad A, seguido de aquellos que crecen a 750 msnm y finalmente a los que crecen a los 1250 msnm.

CONCLUSIONES

1. A los 5 años de edad, la altura de *Pinus tecucunumaii* supera los 8.5 metros de altura. Mientras tanto los arboles de 3 años de edad alcanzan solo 6.56 metros. Mientras que a una altitud de 1000 msnm los árboles superaron con una altura de 8.13 a los arboles ubicados a los 750 y 1250 msnm.
2. Los árboles de 5 años de edad son superiores con 13.56 cm de DAP a los árboles de tres años de edad que alcanzaron sólo 7.61 cm de DAP. El diámetro a la altura del pecho del fuste de los árboles que crecen en las altitudes promedio de 750 msnm es superior con 11.76 cm de DAP a los que se encuentran creciendo a 1250 y 1000 msnm que alcanzaron 10.13 y 9.88 cm de DAP que, a su vez, son iguales estadísticamente. Los árboles con 5 años de edad presentan 1.99 m de diámetro de copa y son superiores a los árboles de tres años de edad que alcanzan sólo 1.183 m. de diámetro de copa.
3. El Incremento Corriente anual del diámetro a la altura del pecho es **heterogéneo** para cada grupo de edad, siendo mayor para los de cinco años de edad a una altitud de 750 msnm con 15 cm y va decreciendo el incremento a medida que la altitud es mayor, mientras que para los de tres años el mayor incremento ICA-DAP se encuentra a 750 msnm con 7.9 cm seguido de 1250 msnm y finalmente para la altitud de 1000 msnm con 5.6 cm. El mayor incremento corriente anual se obtiene en pinos de cinco años de edad y en altitudes mayores, mientras que para los pinos de tres años resulta que el ICA en 750 msnm de altitud es similar al de cinco años diferenciándose por 1 cm (7.6 y 7.5 cm). Los mayores incrementos corrientes anual se da a 750 msnm tanto a los tres y cinco años de edad seguido de las altitudes de 1000 y 1250 msnm.

4. El mayor volumen se alcanza en árboles de tres años de edad ubicados a 750 msnm con 0.026 m^3 , seguido de aquellos ubicados a 1250 msnm y finalmente los ubicados a 1000 msnm con tan sólo 0.003 m^3 , respectivamente. El mayor volumen se alcanza con aquellos árboles de cinco años de edad que se encuentran ubicados a 750 msnm con 0.1071 m^3 , seguido de los árboles ubicados en 1000 msnm y finalmente los ubicados a 1250 msnm con 0.0681 m^3 , es decir, a medida que aumenta la altitud va descendiendo la cantidad de producción de madera.

5. La calidad de fuste de árboles de 5 años fue superior con 78% con calidad de fuste A, que a los arboles de 3 años de edad con 57% con calidad A. En cuanto en la altitud los arboles de 3 años ubicados a 750 msnm con fuste calidad A, Mientras los arboles de 5 años de edad presentaron fuste de calidad A, en altitud de 1000msnm.

RECOMENDACIONES

- Establecer plantaciones de *Pinus tecunumani* en Kimbiri a 750 msnm, para obtener mejores rendimientos en volumen maderable.
- Efectuar evaluaciones en plantaciones de dos y cuatro años para complementar la dasometría del *Pinus tecunumanii* en el distrito de Kimbiri.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga, B. (2000). Evaluación dasométrica de plantaciones de cuatro especies de pinos en oyotoxtla. división de ciencias forestales de la Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Arteaga, M. (2003). Evaluación dasométrica de una plantación de pinus spp. en Perote. México: Foresta Veracruzana.
- Cal, A. M. (2017). Evaluación del crecimiento de plantaciones forestales de *Pinus maximinoi*, Cobán, Alta Verapaz - Sistematización de práctica profesional. San Juan Chamelco, Alta Verapaz - Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de ciencias ambientales y agrícolas.
- Cárdenas, A. E. (2013). Efecto del hidrogel en el crecimiento inicial de *Guazuma crinita* Mart., *Pinus tecunumanii* (Eguiluz & Perry) y *Cedrela fissilis* Vell. - Distrito de Pichanaqui. Satipo - Perú: Universidad Nacional Del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico profesional de Ingeniería forestal tropical.
- CATIE. (1991). Proyecto cultivo de árboles de uso múltiple. Costa Rica: CATIE.
- Cerda, D. (2007). Evaluación de la diversidad genética de poblaciones naturales de *Pinus tecunumanii* de Nicaragua, mediante el uso de marcadores RAPDs. Nicaragua: UNAN.
- DGFFS, M. (2010). Manual base para la planificación y ejecución de inventarios forestales en bosques de producción permanente (Versión 1.0). Perú: MINAG.
- Dominguez C.P, N. C. (2001). Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales de nuevo león. México: madaera y bosques.
- Dominguez, C. P., Navar, C. J., & Loera, O. (2001). Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales de Nuevo León. México: madera y Boques.
- Dvorak WS, H. G. (2001). Resultado de 20 años de investigación sobre *Pinus tecunumanii* por la cooperativa de CAMCORE. USA. Estados Unidos.
- Dvorak, W., & Ross, K. (1994). Three yeras growth and stability of Honduran provenances and families of pinus tecunumanii. Honduras: Forest ecology and managemet.

- Espinoza, O. M. (2005). Influencia de tres variables en la obtención y propiedades físico-químicas de la oleoresina del *Pinus tecunumanii*. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales.
- Estrada Cambar, N. (1997). Elaboracion de tablas de volumen general para *Pinus oocarpa* y *Pinus Maximinoi*, del bosque del oyuca. Honduras: el Zamorano.
- FAO. (2012). Tecnologías y practicas para pequeños productores TECA.
- Ferreira, O. (2005). Manual de inventarios Forestales. Honduras: Escuela nacional de ciencias forestales (ESNACIFOR).
- Gallo, Á. J. (2014). Estudio comparativo de dos técnicas de secado natural de la especie *Pinus tecunumanii* Eguluz y Perry en la ciudad de Villa Rica. Tingo María-Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de recursos naturales renovables .
- Guillespie, J. (1992). *Pinus patula* schiede and deppe. New Orleans: Departament of agriculture.
- Klepac, D. I. (1983). Crecimiento e incremento de arboles y masas forestales . Mexico: Universidad Autonoma Chapingo.
- Lima G, L. (2017). Influencia de la distribucion de producto de plantaciones forestales establecidas por PINFOR en la continuidad de la sostenibilidad de la actividad forestal en plantaciones de pino maximinoi en el norte de Guatemala. Guatemala: USAC.
- Llanos, C. U. (2006). Efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enraizadores en el establecimiento de *Pinus tecunumanii* (Schw) en Oxapampa. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales.
- Malpica, Ramos Carlos. (2016). Guia de Practica de Dasometria. UNSCH, Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Adroforestal, Pichari-La Convencion. Cusco.
- M, R., & R, T. (1985). Analisis de desarrollo y estado actual de las experiencias practicas y tecnicas en la evaluacion de plantaciones . Mexico: Instituto Nacional Investigaciones Forestales.
- Marena. (1994). Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales. Nicaragua: Danida.
- Mendez, P. J. (2017). Producción de plantones de *Pinus tecunumani* Eguluz & J.P. Perry y *Pinus caribaea* Morelet, en 4 pisos altitudinales -Satipo. Satipo -

- Perú: UNCP-Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal Tropical.
- Mesen, F. (1990). Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. Costa Rica: Turrialba.
- MINAGRI-MINAM. (2013). Metodología del Inventario Nacional Forestal . Lima-Peru: Diseño y planificación.
- MINAM. (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación. Lima: DS-N°059-MINAM-2015.
- Montoya, C. (2011). Establecimiento, manejo y mantenimiento del cultivo de Pino . Huaraz-Peru: Elaborado por el curso de fertilidad de suelos de la Escuela Académico Profesional de Agronomía-UNASAM.
- Muñoz, F., García, M., Orozco, G., Coria, A., & Muñoz, Y. (2012). Evaluación dasométrica de un área semillera de *Pinus montezumae* a 13 años de su establecimiento. México: Foresta Veracruzana.
- Muñoz, H. (2012). Evaluación dasométrica de un área semillera de *Pinus montezumae* a 13 años de establecimiento. Red de revistas científicas de América Latina y Caribe, España y Portugal, 1-8.
- Núñez, H. P. (2011). Instalación de plantaciones forestales con fines de protección de suelos en el Distrito de Kimbiri- La Convención Cusco. Kimbiri: Municipalidad de Kimbiri.
- Palomino, J. (1991). Ensayos silviculturales con especies de pinus, eucalyptos y cupresus en la selva central del Perú. Junín: INIAA, GTZ.
- Piedra, T. (1984). Geographic variation in needles, cones and seeds of pinus tecunumanii in Guatemala. Guatemala:
<http://www.cabdirect.org/abstract/19840696663.html>.
- Quispe, S. (2015). Semilla de *Pinus tecunumanii* "Pino rojo". Lima: Arborizaciones EIRL.
- Ramírez M, T. R. (1985). Análisis del desarrollo y estado actual de las experiencias prácticas y técnicas en la evaluación de plantaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México:
- Ramírez, C. (2010). Pino de la sierra , *Pinus tecunumanii* Egüiluz & Perry. Somos un Cluster forestal, formación del foro forestal, 4.

- Ramírez, H. T. (1985). Analisis de desarrollo y estado actual de las experiencias practicas y tecnicas en la evaluacion de plantaciones. Mexico: Instituto nacional investigaciones forestales.
- Ramírez, H., & Torres, J. (1985). Analisis de desarrollo y estado acual de las experiencias practicas y tecnicas en la evaluacion de plantaciones. Mexico: Instituto nacional investigaciones forestales.
- Ramos, B., & Romero, G. (1993). Evaluacion dasometrica de una plantacion de *Pinus spp.* Mexico: Universidad autonoma de Chapingo.
- Roque, C. E. (2017). Optimización del tamaño de la parcela en un inventario forestal de un bosque seco. Lima -Perú: Universida Nacional Agraria La Molina, Facultad de ciencias forestales.
- Sabogal, C. (1997). Planes de manejo forestal y necesidad de informacion para el manejooperacional. Santacruz- Bolivia: Simposio internacional.
- Saket, M., Altrell, D., & Branthomme, A. (Agosto de 2004). Inventario forestal nacional. Manual de campo, Modelo. Guatemala: FAO-Programa de evaluación de los recursos forestales.
- Salazar, G. J., Vargas, H. J., Jasso, M. J., Molina, G. J., Ramirez, H. C., & Lopez, U. J. (1999). Variacion en el patron de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. Mexico: Instituto de ecologia.
- SILVIAGRO. (1996). Analisis del sub sector forestal en Honduras. Honduras: Tegucigalpa.
- Solano, R. (2013). Forestacion. Ayacucho- Peru: Unversidad Nacional San Cristobal de Huamanga- Facultad de Ciencias Agrarias- Escuela de Formacion Profesional de Agronomia.
- Styles, B. (1994). Pinos de Nicaragua. Ministerio del ambiente y Recursos naturales (MARENA) agencia Danesa para el desarrollo internacional (DANIDA). Nicaragua: Agencia Danesa.
- Sullcahuaman Parisaca, Y. (2016). Efecto de tres abonos foliares fosforados y tres dosis en *Pinus tecunumanii* con inoculacion de micorriza a nivel de vivero en Maraunura. . Cusco: Facultad de ciencias agrarias.
- Ugalde, A. (1981). Conceptos basicos de dasometria . Costa Rica: Centro agronomico tropical de investigacion y enseñanza- CATIE.
- Valdez, C. D. (2005). Comportamiento de la viabilidad de las semillas de cuatro especies forestales , almacenadas a 5°C en el banco de semillas forestales

del instituto nacional de bosques-BANSEFOR-Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones agronomicas.

Velasquez, M. (2010). Estimacion del volumen de bosque de pino en Honduras, utilizando imagenes de sensor modis, como herramienta para ordenacion del territorio. Honduras: ciudad universitaria, Tegucigalpa.

Zepeda, B., & Rivero, B. (1984). Constrccion de curvas anamorficas de indice de sitio. Costa Rica: Ciencias forestales.

Zobel, B. Y. (1988). Tecnicas de mejoramiento genetico de arboles forestales. Mexico: Limusa .

Zobel, B., & Talbert, J. (1988). Tecnicas de mejoramiento genetico de arboles forestales. Mexico: Limusa.

ANEXOS



**ANEXO 1.
EVALUACIÓN DE
PARCELAS**

Parcela : DAVID RAMOS QUISPE

Edad : 5 años

Altitud : 1250

N°	DAP cm	Altura Total	Calidad de fuste	Diámetro de copa	Volumen m ³
1	12	9	A	2	0.0713
2	13.5	9	A	1.5	0.0713
3	13.5	10	B	1.5	0.0792
4	14	11	B	2	0.0871
5	15	11	C	2	0.0871
6	14	10	B	1.8	0.0792
7	14	9.5	B	2.3	0.0752
8	12	8.5	C	2	0.0673
9	13	11	A	2	0.0871
10	14	11	B	2.5	0.0871
11	12	8	C	1.2	0.0633
12	16	10	A	2.5	0.0792
13	11.5	7	C	1.5	0.0554
14	10	7	B	1.8	0.0554
15	13	10	A	2.5	0.0792
16	11.5	9	B	1.5	0.0713
17	11	9	B	1.8	0.0713
18	13	9	A	2	0.0713
19	15	10	C	1.8	0.0792
20	12	8	C	1.9	0.0633
21	11	9	B	1.5	0.0713
22	14	10	B	3	0.0792
23	14	8	C	2	0.0633
24	10	6.5	B	1.5	0.0515
25	15	10	A	3	0.0792
26	11	8	B	1.3	0.0633
27	10	8	A	2	0.0633
28	13	9	A	3	0.0713
29	11	10	B	1.3	0.0792
30	16	12	A	2.8	0.0950
31	14	9	A	2	0.0713
32	15	10	A	2	0.0792
33	13	9	A	2.5	0.0713
34	11	7	B	1.8	0.0554
35	15	10	A	3	0.0792
36	11.5	9	A	1.8	0.0713
37	12	8	B	1.7	0.0633
38	14.5	11	B	2.5	0.0871
39	13.5	11	A	2.5	0.0871
40	14	8	A	1.7	0.0633
41	13.5	9	A	1.9	0.0713
42	13	9	A	2	0.0713
43	12	9.5	A	2	0.0752
44	12.5	9	B	1.8	0.0713
45	14	9.5	B	2.8	0.0752
46	14	10	A	3	0.0792
47	11	7	C	1.9	0.0554
48	14.5	9	B	1.8	0.0713
49	11	9	B	1.5	0.0713
50	10.5	8	A	1.5	0.0633

Parcela : DAVID RAMOS QUISPE

Edad : 3 años

Altitud : 1250 msnm

Nº	DAP cm	Altura Total	Calidad Fuste	Diámetro fuste	Volumen m ³
1	5.3	5	A	80	0.00772
2	8.7	6	A	1.1	0.00927
3	6.5	5	C	1.2	0.00772
4	6.5	5	A	1	0.00772
5	7.5	4.2	A	1.25	0.00649
6	8.5	6	B	1.3	0.00927
7	6.5	6	B	1	0.00927
8	5.3	4	B	1.3	0.00618
9	6	4	B	1.1	0.00618
10	5.9	5	A	1	0.00772
11	6	5	A	1.3	0.00772
12	6.7	4.5	B	1.5	0.00695
13	8.2	5	B	1.2	0.00772
14	10.2	6	B	1.5	0.00927
15	10	5	B	1.3	0.00772
16	10.5	6.5	B	1.1	0.01004
17	8.2	5	A	1.2	0.00772
18	10	6.5	A	1.5	0.01004
19	9	6.5	A	1.1	0.01004
20	7.5	6	A	1.1	0.00927
21	1.6	6.5	B	1.3	0.01004
22	7.5	5	B	1.2	0.00772
23	8	5.5	A	1.2	0.00849
24	6.5	4.5	A	1.2	0.00695
25	7.5	4	A	1	0.00618
26	4.4	6.5	B	1.3	0.01004
27	10.2	7	B	1.4	0.01081
28	6.3	5	C	1.2	0.00772
29	9.5	6	B	1.3	0.00927
30	9.5	6	B	1.4	0.00927
31	7.5	6	A	1.2	0.00927
32	4.8	4	A	80	0.00618
33	8.1	6	B	1.2	0.00927
34	9.2	6.5	A	1.3	0.01004
35	6	4	A	1.1	0.00618
36	6.2	4	A	1.2	0.00618
37	6.8	5.5	A	1.1	0.00849
38	6.1	4	A	1	0.00618
39	6.5	6	A	1.1	0.00927
40	6.6	4.5	C	1.2	0.00695
41	9.2	6	A	1.1	0.00927
42	7.3	4	A	1.25	0.00618
43	6.7	6	A	1.3	0.00927
44	7.3	5.5	A	1.2	0.00849
45	10.3	6.5	B	1.4	0.01004
46	5.2	4	B	1	0.00618
47	6.5	4.5	A	1.2	0.00695
48	7.5	4	C	1.2	0.00618
49	6.8	5	A	1.1	0.00772
50	9.8	5.5	A	1.2	0.00849

Parcela : JENI HINOSTROZA FLORES

Edad : 5 años

Altitud : 1000 msnm

Nº	DAP cm	Altura Total	Calidad Fuste	Diámetro Fuste	Volumen m ³
1	10	7	B	2	0.0385
2	13	8	A	2.1	0.0440
3	13	9	B	2.05	0.0495
4	12.5	10	A	1.9	0.0550
5	13	10	C	2.1	0.0550
6	10	8	A	1.6	0.0440
7	12	9	B	2.6	0.0495
8	10	8	B	1.7	0.0440
9	9	9	A	1.2	0.0495
10	10	8	A	1.4	0.0440
11	11	9	A	1.6	0.0495
12	13	10	B	2	0.0550
13	11	9	B	1.8	0.0495
14	13.5	12	A	2.9	0.0660
15	10.5	7	B	1.7	0.0385
16	10	6	B	1.4	0.0330
17	11.5	7	B	1.5	0.0385
18	11	7.5	B	1.8	0.0412
19	10	9	A	1.8	0.0495
20	14	13	A	2.3	0.0715
21	14.5	12	B	2.2	0.0660
22	16.5	14	A	2	0.0770
23	9	8	C	1.5	0.0440
24	13	12	A	1.9	0.0660
25	13	10	A	1.8	0.0550
26	12.5	7	A	2.3	0.0385
27	14	11	A	2	0.0605
28	14	11	B	2.3	0.0605
29	15.5	12	A	2	0.0660
30	16.5	10	A	1.9	0.0550
31	13	9	A	2.1	0.0495
32	15	10	A	2.4	0.0550
33	12.5	8	A	1.6	0.0440
34	7.5	8	A	1.4	0.0440
35	15	13	A	2.3	0.0715
36	11	7	B	2.2	0.0385
37	14	11	A	1.8	0.0605
38	11	8	A	1.6	0.0440
39	17	13	A	2.3	0.0715
40	14.5	9	A	2	0.0495
41	9	7	A	1.5	0.0385
42	13	14	A	2.5	0.0770
43	18	13	A	2.4	0.0715
44	10.5	9	A	1.8	0.0495
45	13	11	A	1.6	0.0605
46	14	11	A	2.8	0.0605
47	12.5	10	A	2.5	0.0550
48	12	9	A	1.5	0.0495
49	11.5	8	A	1.5	0.0440
50	12	7	A	1.7	0.0385

Parcela : HILARIO PALOMINO GAMBOA

Edad : 3 años

Altitud : 1000 msnm

Nº	DAP cm	Altura Total	Calidad Fuste	Diámetro Fuste	Volumen m ³
1	11	7	B	90	0.04657
2	8	5	A	1.2	0.03326
3	9	5	B	1.1	0.03326
4	6	5	A	1.3	0.03326
5	4	4.5	B	90	0.02994
6	7	5	A	1.1	0.03326
7	10	7	A	1.4	0.04657
8	9	6.5	B	1.5	0.04324
9	7	6.5	A	100	0.04324
10	9	7	A	1.4	0.04657
11	9	6.5	B	1.5	0.04324
12	6	7	A	90	0.04657
13	5	5	A	90	0.03326
14	4	4.5	A	70	0.02994
15	7	6.5	A	1.4	0.04324
16	10	7.5	B	1.5	0.04989
17	11	8	A	1.6	0.05322
18	6	5	A	100	0.03326
19	10	8	A	1.4	0.05322
20	8	7	C	1.2	0.04657
21	8	8.5	A	60	0.05654
22	8	7	A	1.2	0.04657
23	7	7	A	1.2	0.04657
24	5	4.5	A	1.5	0.02994
25	6	6	A	90	0.03991
26	7	7	A	100	0.04657
27	5	5	A	80	0.03326
28	9	11	A	1.1	0.07318
29	5	6	A	1.1	0.03991
30	8	10	A	1.1	0.06652
31	7	9	A	1.2	0.05987
32	6	5	A	1.2	0.03326
33	6	5	A	1.2	0.03326
34	6	5.5	A	1.1	0.03659
35	8	6	A	1.2	0.03991
36	5	4.5	A	1.5	0.02994
37	8	9	A	1.1	0.05987
38	10	8.5	A	1.8	0.05654
39	9	10	B	1.3	0.06652
40	9	7	A	1.2	0.04657
41	6	8	A	70	0.05322
42	8	10	A	100	0.06652
43	7	5.5	A	1.2	0.03659
44	6	8	A	100	0.05322
45	7	7	A	1.1	0.04657
46	6	5	A	100	0.03326
47	8	8	B	60	0.05322
48	6	6	A	90	0.03991
49	6	6	A	1.2	0.03991
50	7	7	A	100	0.04657

Parcela : EUGENIO TELLO CURO

Edad : 3 años

Altitud : 750 msnm

Nº	DAP cm	Altura Total	Calidad Fuste	Diámetro Fuste	Volumen m³
1	4.4	4.2	B	90	0.00447
2	7	8	B	1.4	0.00851
3	7	8.5	A	95	0.00905
4	9	7	A	2.1	0.00745
5	7	7	B	80	0.00745
6	9.2	8	A	1.1	0.00851
7	12	11	A	1.2	0.01171
8	11	10	A	1.3	0.01064
9	11	8	B	1.2	0.00851
10	8	6.5	A	90	0.00692
11	12	10	B	1.4	0.01064
12	6	6	B	1.1	0.00639
13	7	5.5	A	90	0.00585
14	10	6	B	1.2	0.00639
15	9	10	B	100	0.01064
16	9	7	A	100	0.00745
17	8	7	A	1.5	0.00745
18	9	7	A	1.9	0.00745
19	8	7	A	1.4	0.00745
20	12	10	A	1.4	0.01064
21	12	13	A	2	0.01384
22	10	7	A	1.2	0.00745
23	9	10	B	1.4	0.01064
24	7	7	B	90	0.00745
25	6	7	A	1.1	0.00745
26	7	7	A	1.4	0.00745
27	8.5	8	A	1.2	0.00851
28	7	7	A	100	0.00745
29	8	8	A	1.1	0.00851
30	7	7	A	100	0.00745
31	8	8	B	1.6	0.00851
32	6	5	B	1.25	0.00532
33	9	6.5	A	1.2	0.00692
34	7	8	B	98	0.00851
35	8	8	A	1.2	0.00851
36	7	7	A	1.2	0.00745
37	9	9	A	1.1	0.00958
38	7.5	8	A	1.6	0.00851
39	10.5	8	A	1.2	0.00851
40	6	7	B	75	0.00745
41	5.5	6.5	A	1.3	0.00692
42	8	8	C	100	0.00851
43	10	10	A	1.6	0.01064
44	8	8	A	1.7	0.00851
45	8	8	A	1.2	0.00851
46	7	7	A	1.2	0.00745
47	7	7	B	100	0.00745
48	5	6.5	A	1.1	0.00692
49	7	7	A	70	0.00745
50	8	7	A	1.2	0.00745

Parcela : JUAN GUTIERREZ GARCIA

Edad : 5 años

Altitud : 750 msnm

Nº	DAP cm	Altura Total	Calidad Fuste	Diámetro Copa	Volumen m ³
1	15	7	A	2.5	0.08659
2	12	7	A	2.1	0.08659
3	10	6	A	1.9	0.07422
4	11	6.5	A	2.2	0.08041
5	14	7.5	A	1.6	0.09278
6	14	7	A	1.8	0.08659
7	15	8	A	2	0.09896
8	17	8	B	2.4	0.09896
9	20	8	B	1.9	0.09896
10	19	8	A	1.8	0.09896
11	11	6	B	1.4	0.07422
12	16	8.5	A	1.9	0.10515
13	16	8	B	2.4	0.09896
14	12	6	A	2.4	0.07422
15	13	8	A	2	0.09896
16	16	7	A	1.8	0.08659
17	12	5	C	1.5	0.06185
18	14	7	B	2	0.08659
19	15	7.5	A	2.1	0.09278
20	11	7.5	A	1.7	0.09278
21	19	8.5	A	1.8	0.10515
22	17	7.5	A	2.1	0.09278
23	18	8	A	2.5	0.09896
24	17	7	B	2.4	0.08659
25	15	7	A	1.6	0.08659
26	17	8	A	2.1	0.09896
27	16	9	A	2.2	0.11133
28	16	7.5	A	2.1	0.09278
29	15	7	B	1.5	0.08659
30	17	8.5	A	2.5	0.10515
31	8	7.5	A	1.7	0.09278
32	16	7	B	2.1	0.08659
33	8	6.5	A	1.9	0.08041
34	10	7	A	1.3	0.08659
35	15	7.5	A	2	0.09278
36	10	7	A	1.8	0.08659
37	19	8.5	A	2.1	0.10515
38	12	7	A	1.6	0.08659
39	20	8.5	A	2.1	0.10515
40	17	9	A	1.8	0.11133
41	20	9	A	2.2	0.11133
42	17	9	A	2	0.11133
43	19	9.5	A	2.5	0.11752
44	16	9	A	2.6	0.11133
45	15	8	A	2.6	0.09896
46	15	8	B	2	0.09896
47	19	10	A	2.1	0.12370
48	20	10	B	2.2	0.12370
49	21	11	A	2	0.13607
50	20	11	A	2.3	0.13607



**ANEXO 2.
PANEL
FOTOGRÁFICO**



Foto 1. Medida de altura total del árbol del *Pinus tecunumanii*, de 3 años de edad (lejos)



Foto 2. Medida de altura total del árbol del *Pinus tecunumanii*, de 3 años de edad (cerca)



Foto 3. Medida del DAP del *Pinus tecunumanii* de 3 años de edad



Foto 4. Medida del diámetro de la copa del *Pinus tecunumanii* de 3 años de edad



Foto 5. Medida del DAP del *Pinus tecunumanii*. de tres años de edad.



Foto 6. Medida de la altura total del *Pinus tecunumanii*. de tres años de edad.



Foto 7. Medida de la altura total de *Pinus tecunumanii* de 5 años de edad



Foto 8. Medida del DAP de *Pinus tecunumanii* de 5 años de edad



Foto 12. Medida del DAP de *Pinus tecunumanii* de 5 años de edad



Foto 11. Medida de la altura de *Pinus tecunumanii* de 5 años de edad



Foto 9. Categoría de fuste B inclinado e hendido



Foto 10. Categoría de fuste C fuste fisurado y podrido