

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA
SEGÚN EL CRECIMIENTO DE *Pinus patula* Schltdl. et Cham EN
PLANTACIONES EN CHACHAPOYAS, AMAZONAS 2020**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

MIKIO YOSEY GONZALEZ ACOSTA

ASESORES

M. Sc. Ing. SEGUNDO MEDARDO TAFUR SANTILLAN

M. Sc. Ing. VITOLY BECERRA MONTALVO

JAÉN – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Mikio Yosey Gonzalez Acosta
DNI: 43691880
Escuela Profesional/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
2. Asesor:
Ing. M. Se. Segundo Medardo Tafur Santillán
Ing. M. Se. Vitoly Becerra Montalvo
Facultad/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA SEGÚN EL CRECIMIENTO DE *Pinus patula* Schltdl. et Cham EN PLANTACIONES EN CHACHAPOYAS, AMAZONAS 2020
6. Fecha de evaluación: 21/12/2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) ("")
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 24 %
9. Código Documento: oid: 3117:412211933
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES DESAPROBADO

Fecha Emisión: 26/12/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>	
	
Ing. M. Se. Vitoly Becerra Montalvo DNI: 27727452	Ing. M. Se. Segundo Medardo Tafur Santillán DNI: 26615206



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los **catorce** días del mes de **noviembre** del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **Ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N°447-2024-FCA-UNC, de fecha 16 de setiembre 2024, con el objeto, de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA SEGÚN EL CRECIMIENTO DE *Pinus patula* Schltdl. et Cham EN PLANTACIONES EN CHACHAPOYAS, AMAZONAS 2020**", ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don MIKIO YOSEY GONZALEZ ACOSTA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

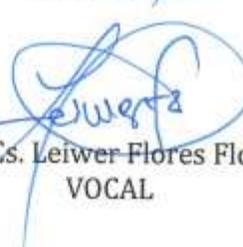
A las **diecisiete** horas y **cero** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **quince (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **dieciocho** horas y **catorce** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 14 de noviembre de 2024.


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Francisco Fernando Aguirre De Los Ríos
SECRETARIO


Ing. M. Cs. Leíwer Flores Flores
VOCAL


Ing. Mg. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán
ASESOR


Ing. M. Sc. Vitoly Bererra Montalvo
ASESOR

DEDICATORIA

A mi querida madre Andrea Acosta Sánchez por su perseverancia y actitud de seguir apoyándome para lograr alcanzar mis metas y poder ser un profesional con valores dentro de la sociedad.

A mis hijas Fiorela De Los Ángeles y Abigail De Los Ángeles González Tantaleán por ser mi motivación e inspiración para seguir adelante y conseguir lo inesperado.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por sus bendiciones día a día para conseguir nuestras metas propuestas y lograr nuestros objetivos planteados, así como, ser personas de bien, profesionales con ética y voluntad de servir.

A los docentes el Ing. M. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán y Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo por guiarme como Asesores en la elaboración del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I.....	12
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO II.....	14
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Antecedentes de la investigación.....	14
2.2. Bases teóricas.....	18
2.2.1. Plantaciones forestales de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Cham.....	18
2.2.2. Descripción de la especie <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.....	22
2.2.3. Crecimiento de la especie <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.....	24
2.2.4. Propiedades físicas de la especie.....	25
2.2.5. Crecimiento y propiedades físicas.....	26
2.3. Definición de términos básico.....	27
<i>Anillos de crecimiento anual</i>	27
<i>Contenido de humedad</i>	27
<i>Contracción de la madera</i>	27
CAPÍTULO III.....	30
MARCO METODOLÓGICO.....	30
3.1. Localización de la investigación.....	30
3.2. Tipo y diseño de la investigación.....	31
3.2.1. Matriz de operacionalización de variables.....	31
3.2.2. Unidad de análisis – población y muestra.....	32
3.2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.2.4. Validación y prueba de confiabilidad de los instrumentos.....	34
3.2.5. Técnica del procesamiento y análisis de datos.....	35
3.2.6. Aspectos éticos por considerar.....	35
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36

4.1. Resultados	36
4.1.1. <i>Curvas de crecimiento de Pinus patula Schiede ex Schltdl. et Cham a nivel de DAP</i>	36
a. Inventario de árboles presentes en la parcela de evaluación.....	36
b. Curvas de crecimiento de los árboles de <i>Pinus patula</i>	38
4.2. Discusión.....	50
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
CAPÍTULO VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
CAPÍTULO VII ANEXO	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variación del peso específico ρ (g/cm ³) con la edad del árbol de <i>Pinus patula</i>	27
Tabla 2. Tipo de Investigación	31
Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables.....	31
Tabla 4. Variables dasométricas de los árboles de <i>Pinus patula</i> inventariados	36
Tabla 5. Clase diamétrica de los árboles inventariados de <i>Pinus patula</i>	37
Tabla 6. Crecimiento de los árboles evaluados a nivel diamétrico	38
Tabla 7. Crecimiento de los árboles pequeños evaluados a nivel diamétrico	40
Tabla 8. Crecimiento de los árboles grandes evaluados a nivel diamétrico	40
Tabla 9. Curvas de crecimiento IMA e ICA promedio de los árboles de <i>Pinus patula</i>	42
Tabla 10. Curvas de crecimiento IMA e ICA de los árboles grandes de <i>Pinus patula</i>	43
Tabla 11. Curvas de crecimiento IMA e ICA de los árboles pequeños de <i>Pinus patula</i>	44
Tabla 12. Propiedades físicas de la madera de los árboles de <i>Pinus patula</i>	46
Tabla 13. Comparación de las propiedades físicas de la madera de los árboles grandes y pequeños de <i>Pinus patula</i>	47
Tabla 14. Propiedades físicas e IMA de los árboles evaluados de <i>Pinus patula</i>	48
Tabla 15. Correlación de Pearson entre IMA con densidad básica y relación CT/CR.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de la investigación	30
Figura 2. Clase diamétrica de los árboles inventariados de Pinus patula.....	37
Figura 3. Crecimiento diamétrico promedio de árboles de Pinus patula.....	39
Figura 4. Comparación del crecimiento diamétrico de árboles de Pinus patula	41
Figura 5. Curvas de crecimiento IMA e ICA promedio de los árboles de Pinus patula.....	42
Figura 6. Comparación del IMA de los árboles pequeños y grandes de Pinus patula	44
Figura 7. Comparación del ICA de los árboles pequeños y grandes de Pinus patula	45
Figura 8. Relación entre IMA y densidad básica.....	49
Figura 9. Relación entre IMA y relación CT/CR.....	49

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito determinar la variación de las propiedades físicas de la madera según el crecimiento diamétrico de los árboles de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. Se realizó en una PPM de una plantación forestal en el distrito de Sonche, Chachapoyas, se muestreó 10 árboles de 12 años de edad, se midió el crecimiento diamétrico usando dendrocronología, así como las propiedades físicas de la madera de acuerdo a las NTP correspondientes. El crecimiento diamétrico promedio fue de 1,74 cm DAP/año, dendrocronológicamente se obtuvo un IMA final de 1,83 cm DAP/años, con un valor máximo los 10 años de edad de 1,88 cm DAP/año; el ICA máximo fue de 4,02 cm DAP/año, y lo alcanzó a los 6 años de edad. Como propiedades físicas, la densidad básica fue de 0,39 g.cm⁻³, densidad anhidra 0,43 g.cm⁻³, densidad verde 0,79 g.cm⁻³, contracción radial de 4,41 %, contracción tangencial 5,79 %, contracción volumétrica 10,38 %, humedad máxima 105,59 % y una relación CT/CR de 1,41. Se encontró que existe una baja relación positiva o directa entre el IMA y la densidad básica con un valor de Pearson de 0,22; mientras que, existe una alta relación negativa o inversa entre el IMA y la relación CT/CR con un valor de Pearson de -0,96; por lo que se concluye que el crecimiento del árbol de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham puede ser promovida raleando oportunamente y que el crecimiento no afecta negativamente a las propiedades físicas de la madera.

Palabras clave: Crecimiento, incrementos, densidad básica, plantación forestal, madera.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the variation of the physical properties of wood according to the diameter growth of *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. trees. It was carried out in a PPM of a forest plantation in the district of Sonche, Chachapoyas, 10 trees of 12 years of age were sampled, the diameter growth was measured using dendrochronology, as well as the physical properties of the wood according to the corresponding NTP. The average diameter growth was 1,74 cm DBH/year, dendrochronologically a final AMI of 1,83 cm DBH/year was obtained, with a maximum value at 10 years of age of 1,88 cm DBH/year; the maximum AQI was 4,02 cm DBH/year, and it was reached at 6 years of age. As physical properties, the basic density was 0,39 g.cm⁻³, anhydrous density 0,43 g.cm⁻³, green density 0,79 g.cm⁻³, radial shrinkage 4,41 %, tangential shrinkage 5,79 %, volumetric shrinkage 10,38 %, maximum humidity 105,59 % and a CT/CR ratio of 1,41. It was found that there is a low positive or direct relationship between AMI and basic density with a Pearson value of 0,22; while, there is a high negative or inverse relationship between AMI and CT/CR ratio with a Pearson value of -0,96; therefore, it is concluded that the growth of *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham tree can be promoted by timely thinning and that growth does not negatively affect the physical properties of the wood.

Keywords: Growth, increments, basic density, forest plantation, timber.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La madera es un material que cada vez tiene mayor demanda en diferentes aplicaciones como es la mueblería, construcción, embalajes diversos, postes, pisos de madera, pulpa, carbón entre otros; las industrias han utilizado históricamente la madera proveniente de bosques primarios inicialmente y de bosques manejados posteriormente; sin embargo, a diferencia de los bosques templados de coníferas, no existen experiencias exitosas sólidas de manejo forestal en bosques tropicales. Frente a esta realidad, las plantaciones forestales y el enriquecimiento intensivo del bosque con especies forestales de rápido crecimiento son una alternativa que en muchos países tropicales brindan buenos o muy buenos resultados. En la sierra peruana, las plantaciones forestales tienen ya más de un siglo de historia con el género *Eucalyptus* sp., y más recientemente con coníferas como el género *Pinus* sp. En departamentos como Cajamarca, Cuzco, y otros hay áreas importantes de plantaciones con esta especie. En el departamento de Amazonas, las reforestaciones y plantaciones forestales en la sierra, también han seguido este historial; sin embargo, no se le ha dado la importancia debida en cuanto a manejo y tecnificación. En la provincia de Chachapoyas existen plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham, las mismas que no han sido manejadas con la misma intensidad que sus semejantes en Cajamarca; esto ha traído como consecuencia que existan árboles que hayan crecido más que otros, y en algunos casos con diferencias significativas.

Por otro lado, la madera procedente de plantaciones tiene el inconveniente que al tener rápido crecimiento desmejora sus propiedades físicas y mecánicas, siendo tecnológicamente de menor calidad frente a la madera proveniente de bosques primarios (Urbina, 2017). El manejo silvicultural de las plantaciones acorde con el uso final que va a tener la madera que se está cultivando es una herramienta importantísima para asegurar el valor de la plantación; y, tomando en cuenta que la madera de las plantaciones de Amazonas es mayoritariamente para producir madera aserrada se debe asegurar una calidad tecnológica mínima para competir en el mercado con otras especies.

En el año 2005, se declaró viable el proyecto de reforestación “Reforestación y forestación de las cuencas altoandinas y de amortiguamiento del Sonche y Alto Utcubamba, provincias de Luya y Chachapoyas, región Amazonas”, que se implementaría tres años

después. Esta reforestación con fines de conservación fue la que generó las plantaciones forestales, de donde se obtuvieron las muestras para el estudio del presente trabajo de investigación. Como fue concebido con fines de conservación, no fueron manejadas para la producción de madera, hecho esto que permitió encontrar las muestras en las condiciones que permitió realizar las comparaciones de crecimiento y propiedades físicas.

El crecimiento desigual de los árboles en las plantaciones de Chachapoyas ofrece una oportunidad para estudiar como varían las propiedades físicas de la madera producida, y de esta manera recomendar una silvicultura apropiada para obtener un crecimiento acorde con las propiedades físicas de la madera requeridas por la industria del aserrío. En base a esta problemática se planteó como pregunta de investigación: ¿Cómo varían las propiedades físicas de la madera según el crecimiento de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl et Cham en plantaciones en Chachapoyas, Amazonas 2020?

Así mismo, se planteó como objetivo general: determinar la variación de las propiedades físicas de la madera según el crecimiento de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham en plantaciones en Chachapoyas, Amazonas 2020.

Los objetivos específicos formulados fueron los siguientes:

Establecer las curvas de crecimiento de los árboles de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham de plantaciones en Chachapoyas a través de técnicas dendrocronológicas.

Determinar las propiedades físicas de la madera de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham de plantaciones en Chachapoyas.

Correlacionar el crecimiento diamétrico de los árboles de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham con las propiedades físicas de su madera.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Goche et al. (2023) en su artículo realizado en Durango, México, determinó las propiedades físicas de la madera de *Pinus engelmannii* de 17 años de edad. Los resultados obtenidos indicaron que la densidad básica fue de $0,379 \text{ g.cm}^{-3}$, Contenido de humedad de 199,37 %, Contracción Volumétrica Total de 13,63 % y PSF de 39,28 %.

Márquez et al. (2022) en su artículo científico realizado en Venezuela estudió la variabilidad de densidad en sentido radial y dentro de un anillo de crecimiento en *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, para ello se utilizó 6 árboles provenientes de una plantación de 25 años de edad, las muestras fueron tomadas en 3 partes de la sección transversal del tronco: adyacencias de médula (muestra de todo el anillo de crecimiento), y a la mitad del radio (muestra en madera temprana y madera tardía) y adyacencias de zona cambial (muestra de todo el anillo de crecimiento), se utilizó la norma DIN 52-182. Los resultados indicaron que la densidad incremento desde adyacencias de médula hacia la zona cambial siendo de $0,595 \text{ g/cm}^3$; $0,681 \text{ g/cm}^3$ y $0,820 \text{ g/cm}^3$ en adyacencias de médula, punto medio y en las adyacencias de la zona cambial respectivamente. De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0,01$), existen diferencias estadísticamente significativas entre la densidad de adyacencias de médula con respecto a las cercanías del cambium.

Rozas y Montero (2020) realizaron una investigación en Chile en la cual modelaron las propiedades físicas de *Eucalyptus nitens* a distintas edades del árbol, para ello se utilizaron 40 árboles de 13 años, 12 de 15 años y 5 de 20 años, los ensayos se realizaron según las normas NCh176/2 Of. 86 y NCh176/1 Of. 86. Los resultados mostraron una densidad básica a los 13 años de 474 kg/m^3 , con un contenido de humedad de 116 %, a los 15 años fue de 496 kg/m^3 y 108 % y a los 20 años de 521 kg/m^3 y 104 %. Se observó un aumento del 4,6 % y 9,7 % en la densidad básica a los 15 y 20 años con respecto a la observada a los 13 años.

Fank et al. (2019) en Uruguay realizaron una investigación en la que se estudió la influencia del anillo de crecimiento en las propiedades físico-mecánicas de madera aserrada del pino resinoso, para ello se utilizó tablas y vigas de diferentes secciones transversales.

Los resultados indicaron, que el ancho de los anillos explicó la variabilidad de las propiedades físico mecánicas de las piezas de madera estudiadas. El autor indica que mayor espesor de anillo corresponde una menor densidad, es decir que cuanto mayor sea el crecimiento diamétrico de los árboles menor será la densidad y la resistencia de su madera.

Morgado et al. (2019) en su artículo científico realizado en México evaluaron la densidad de la madera de *Pinus hartwegii* Lind, para ello utilizaron el método de tomografía computarizada de rayos X (TCRX) detecta cambios radiales de la densidad y si ésta varía de acuerdo con la altitud y a la exposición del sitio, las muestras provinieron de dos altitudes 3500 y 3900 m s. n. m. y dos de exposición, NO y SO, además se incluyó como variable la anchura de los anillos. Luego de analizar los resultados concluyeron que la densidad de la madera es influenciada por la altitud, pero el nivel de cambio depende de la exposición del sitio, el sitio con exposición NO y altitud 3500 m s. n. m., presentó densidad mayor de madera, la anchura de anillo como variable transformada ayudó a explicar significativamente parte de la varianza de la densidad de madera entre sitios.

Vega et al. (2019) realizó un estudio en el cual determinó las propiedades físicas de la madera *Pinus taeda* L., en el distrito de Pedro Juan Caballero, Paraguay, para ello se utilizó 6 árboles de 25 años de edad, los utilizó la norma COPANT (458, 460, 461, 462), se extrajeron muestras de las secciones inferior, media y superior del tronco. Los resultados indicaron que la densidad básica no varió entre las secciones inferior, media y superior, presentando valores promedios de 0,626, 0,625 y 0,630 g/cm⁻³ respectivamente y el contenido de humedad promedio resultó en 70,3 %; los valores de contracción tangencial, radial, longitudinal y volumétrica fueron de 6,41 %, 5,99 %, 0,51 % y 12,5 %, respectivamente.

En un trabajo de investigación denominado “características físicas de la madera de pino procedente de raleos en el noroeste de España”, realizaron la evaluación de las propiedades físicas de la madera proveniente de árboles jóvenes de plantaciones forestales que tuvieron un crecimiento rápido, producto de los raleos, se evaluaron especies de pinos como *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Pinus radiata*, encontrándose que en cuanto a la contracción fueron más inestables que la madera procedente de árboles adultos. Resaltan que *Pinus radiata*, es la especie que menos varía sus propiedades entre árboles de crecimiento rápido y árboles adultos de crecimientos más lento. En cuanto a la densidad de la madera, solo *Pinus pinaster* manifestó una densidad similar con los árboles adultos, las otras dos

especies presentan una densidad menor debido al rápido crecimiento de los árboles. También se evaluó una marcada diferencia entre las propiedades físicas a diferentes alturas de los árboles, siendo menos densa a mayor altura de fuste y más inestable (Riesco y Díaz, 2007).

En un trabajo de investigación de tesis, denominado “contribución de las propiedades físicas de la madera de *Pinus gregii*, proveniente de dos plantaciones en Hidalgo”, evaluó el crecimiento del árbol a nivel de diámetro a través de la medición de los anillos de crecimiento, tanto en la parte basal como a diferentes alturas del fuste, y este valor lo correlacionó con la propiedad física de la madera de densidad básica. Como resultado obtuvo que los anillos de crecimiento presentaban mayor ancho conforme se separaba desde la médula hasta la corteza, debido al crecimiento mayor que presenta el árbol luego de sus primeros años de vida. Los árboles evaluados no han alcanzado su tercera fase de crecimiento, ya que se evidencia anillos grandes cerca de la corteza, lo que indica que se encuentra en su fase de crecimiento acelerado. La diferencia también es marcada entre madera temprana y madera tardía, incrementándose esta última conforme se avanza de la médula a la corteza. Con respecto a la altura, no hay variación con respecto al ancho de anillos ni madera temprana y madera tardía conforme se evalúa a mayores alturas. Se determinó que existe una relación significativa inversamente proporcional entre la densidad básica y el ancho de los anillos, es decir que mientras más ancho son los anillos de crecimiento, la densidad disminuye; esto significaría que, si hay un mayor crecimiento del diámetro de los árboles de pino, la densidad básica disminuye y viceversa. También se evaluó la propiedad física de contracción encontrándose la misma relación que con la densidad básica (García, 2005).

En un trabajo de investigación de tesis titulada “propiedades físico mecánicas del *Pinus patula* Schiede”, se estudió las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus patula* proveniente de plantaciones forestales en Guatemala, se utilizó madera de esta especie proveniente de árboles de 20 años de edad, por lo que se podría considerar árboles que están terminando su fase de crecimiento rápido y entrando a su fase de crecimiento lento, por lo que se aplicó la norma técnica vigente en ese país como son las normas ASTM. Como resultado se obtuvo una densidad básica promedio de $0,40 \text{ g.cm}^{-3}$, con un coeficiente de variación del 10 %, una humedad máxima de 65,92 %. en cuanto a la contracción, la madera dio como promedio una contracción radial de 1,90 %, y una contracción tangencial de 3,20

%, lo que arroja una relación de contracción tangencial/radia de 1,70, lo que indica una buena estabilidad de la madera (Castillo, 2004).

Vásquez et al. (2023) realizaron un artículo científico titulado “crecimiento, productividad e índices silviculturales en plantaciones juveniles de *Tectona grandis* L. f. en Perú”, para ello se evaluaron plantaciones de *Tectona grandis* de 5 años de edad, ubicados en la Amazonía del Perú, el estudio se realizó en 19 parcelas permanentes de monitoreo en 20,7 ha, distribuidas en cuatro zonas. Los resultados indicaron una buena calidad y espesura estable de la plantación, con valores elevados de crecimiento y productividad, encontrándose diámetros de 16,93 cm y alturas de 13,27 m, el IMA del diámetro fue de 3,39 cm * año⁻¹ y el IMA de la altura fue 2,66 m * año⁻¹, del mismo modo se tuvo el IMA volumétrico el cual fue 16,109 m³* ha⁻¹*año⁻¹.

Cóndor y Pardo (2021) en su tesis determinó las características anatómicas, propiedades físico-mecánicas y químicas *Pinus radiata* D.Don y *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham, provenientes de la Granja Porcón, Cajamarca; metodológicamente se aplicó un diseño no experimental en la cual se utilizaron 3 árboles por cada especie, se tomaron en cuenta las la Norma COPANT 1974, Lista Estándar IAWA-2004. ASTM y las Normas Técnicas Peruanas. Como resultados respecto a las propiedades físicas se obtuvo que el *Pinus radiata* presentó un contenido de humedad de 131,85 %, densidad básica 0,46 g/cm³, contracción volumétrica 13,75 % y relación T/R 1,39; y el *Pinus patula* presentó un contenido de humedad de 136,80 %, densidad básica 0,45 g/cm³, contracción volumétrica 14,75 % y relación T/R 1,62.

López (2021) en su tesis determinó las propiedades físicas y mecánicas de la madera “quinilla” *Manilkara bidentata*, en estado verde, en Iquitos. Para la ejecución se aplicó un diseño No experimental – Transeccional descriptivo, se tomó en cuenta las Normas Técnicas Peruanas correspondientes. Los resultados indicaron que la especie *Manilkara Bidentata*, tiene un valor medio de densidad básica de 0,68 g/cm³ y un CH seco al aire de 13,79 %. El autor concluye que dicha especie pertenece al grupo B según la Norma E 010, siendo una madera de densidad alta, por ende, debe ser trabajada en estado verde para facilitar su clavado y labrado.

Yoza et al. (2015) en un trabajo de investigación titulado “caracterización de las propiedades físico mecánicas de especies, pino (*Pinus patula*) y tornillo (*Cedrelinga*

cateniformis) provenientes del Perú utilizando técnicas no destructivas”, los investigadores, determinaron las propiedades físicas y mecánicas por métodos no destructivos de ultrasonido. En su trabajo, usaron el equipo de ultrasonido Parametric PR 5800 y transductores con frecuencia de 1MHz. Se logró determinar los módulos de elasticidad en los dos planos, así como la densidad propuesta. Se logró determinar la densidad promedio de la madera de pino en 508 kg.m^{-3} , así como otras propiedades mecánicas como la flexión estática arrojando un valor de MOR = 110 MPa, MOE = 8012 MPa, la resistencia a la compresión paralela con un valor de MOR = 25 MPa, y un cizallamiento con un valor de MOR = 10 MPa.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Plantaciones forestales de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham

El área de distribución natural de la especie es comparativamente restringida y discontinua, y comprende las zonas de media y alta montaña de las regiones centro-oriental y sur de México. Se ha introducido con éxito en América del Sur, Sudáfrica, Zimbabwe, Uganda, Kenya, El Congo, Nueva Zelanda, y Australia. Se describen dos variedades para la especie: *Pinus patula* y *Pinus longipedunculata*. La distribución natural de la var. *patula* se localiza entre los 18° y 24° latitud Norte, y en áreas entre los 1,820 y 2,743 metros sobre el nivel del mar (Vallejo y Zapata, 2018).

De las plantaciones forestales en el Perú, la mayor área se encuentra en la sierra, históricamente las especies exóticas más plantadas son del género *Eucalyptus* sp. y *Pinus* sp.; las cuales incluso superan a las nativas plantadas en todo el Perú. Los departamentos de la sierra o que tienen parte de su territorio en la sierra son Cajamarca, La Libertad, Huánuco, Pasco, Junín, Cuzco, Ancash, entre otros. En los últimos años nuevas especies de *Eucalyptus* sp. y *Pinus* sp., están siendo plantadas en grandes extensiones en nuevos departamentos de la selva como son Amazonas, Ucayali, y los departamentos de Selva Central. Si bien existen registros oficiales a lo largo del tiempo en instituciones sectoriales como MINAG, INRENA, DGFFS, CENAGRO, INEI, SERFOR, DIRFFS, y otras instituciones actuales o pasadas tienen registros; sin embargo, la cantidad exacta de plantaciones forestales es desconocido en su extensión real, esto debido a que solo la mitad de ellas, han sido realizadas con fines comerciales o industriales, mientras que un cuarto ha sido con fines de conservación y usos diversos, y otro cuarto de ellas no se encuentra definido su objetivo de plantación (Ministerio del Ambiente, 2019).

De acuerdo con Vallejo y Zapata (2018) el éxito en los intentos de introducción del pino pátula depende ciertos factores tales como la disponibilidad de agua en el suelo durante todo el año. Esta especie requiere de suelos profundos que se mantengan húmedos aún en las épocas secas. La distribución de la precipitación parece más importante que la cantidad. Se ha logrado una buena adaptación de la especie en zonas con una precipitación anual aproximada a los 750 mm, bien distribuida, y sobre suelos profundos donde la especie puede desarrollar un buen sistema radical. Algunos autores consideran que para la producción de madera se requiere una precipitación media anual mínima de 800 mm, aun en zonas de clima fresco, donde las mejores tasas de crecimiento se obtienen donde la precipitación mínima requerida por la especie es superada por un apreciable margen. En Kenia ha fracasado su aclimatación en regiones con una precipitación promedio anual de 1,250 mm, pero donde los suelos superficiales sufren una fuerte reducción de la humedad durante las prolongadas épocas de sequía. El pino pátula crece en suelos de condiciones químicas muy diferentes, pero es esencial que sean ácidos, siendo el contenido de nutrimentos aparentemente de importancia secundaria. Esta especie soporta en el período de reposo temperaturas tan bajas como -10 °C (heladas leves), pero la temperatura media máxima del mes más cálido debe permanecer bajo 29 °C para asegurar un desarrollo normal. Con este valor se puede establecer con un alto grado de certeza el límite altitudinal inferior para realizar una plantación exitosa.

Por su parte el autor Ospina et al. (2011) indica que los requerimientos del *Pinus patula* para su instalación en plantaciones forestales son:

Altitud. El rango altitudinal óptimo de establecimiento de *pino pátula* va desde los 1,800 hasta los 2,800 m. En Ecuador se han reportado ensayos a altitudes de 2,500 a 4,000 m, en donde encontraron que el mejor crecimiento se registraba entre los 2,500 a 3,000 m. De manera general, a mayores altitudes los crecimientos son menores.

Clima. En sus sitios de origen, se desarrolla bajo condiciones de clima templado húmedo o subhúmedo, con precipitaciones de 40 mm en el mes más seco, con una precipitación anual entre 1,000 mm y 2,000 mm y temperatura media anual de 10 a 19 °C. En cuanto a la temperatura media, promedios anuales mayores a 26 °C no permiten que la especie se desarrolle adecuadamente y sus crecimientos son bajos.

Suelo. La especie alcanza su mejor desarrollo en suelos húmedos, profundos y bien drenados. En cuanto al suelo, la textura puede ser franca, arenosa o arcillosa, con pH entre 5,0 y 5,5 y, en algunos casos, puede adaptarse hasta valores de pH de 4,0. La especie no se desarrolla bien en suelos poco profundos, debido a que tienen una baja retención de humedad, especialmente en épocas secas. Se ha comprobado que esta especie puede extraer agua hasta 4,3m de profundidad y crecer satisfactoriamente sobre un horizonte endurecido, el cual es capaz de romper. En Sudáfrica se evaluaron las características de sitio que más influían en el crecimiento y producción de *Pinus patula* y se encontró que el carácter de mayor influencia es el origen del suelo (material parental), el espesor del horizonte B, la profundidad efectiva y el porcentaje de arcilla. Igualmente, en cuanto a nutrientes, la especie ha demostrado que es más sensible a las deficiencias de fósforo y a las altas concentraciones de aluminio, potasio y magnesio. La cantidad de fósforo en el suelo es una condición que limita el desarrollo de la especie. *P. patula* es una especie rústica y plástica, que puede adaptarse sin dificultades a condiciones extremas de acidez en el suelo, cuando éstos le permiten obtener los elementos nutritivos. Un contenido de materia orgánica mayor al 8%, garantiza que las concentraciones de calcio (Ca⁺⁺), magnesio (Mg⁺⁺) y fósforo (P) intercambiable y nitrógeno total no estén en condición de déficit en el suelo.

Topografía. El crecimiento de la especie está influenciado por la pendiente del terreno, la ubicación en la ladera y la posición fisiográfica. En zonas de altas pendientes el desarrollo de los individuos disminuye considerablemente en comparación con las hondonadas y sitios de baja pendiente, lo cual indica que pueden presentarse bajos desarrollos e incluso la muerte de las plantas en suelos con baja retención de humedad.

Tratamientos silviculturales en plantaciones de *Pinus patula*. En cuanto a los tratamientos silviculturales que se le aplica a esta especie se pueden mencionar los siguientes:

Limpieza. El establecimiento de una plantación exige la limpieza general del terreno, así como la erradicación de las gramíneas. Aunque los pinos compiten bien con arvenses agresivas, es recomendable hacer una limpieza general del terreno antes de establecer la plantación; ésta se puede hacer aplicando un herbicida como glifosato, en una relación de 1,5 a 2,0 l/ha, de 150 a 200 L de la solución (agua + herbicida). Además, es necesario la adición de un pre-emergente, comercialmente conocido como combo, para garantizar que no haya competencia por arvenses, al menos durante 5 a 6 meses (Ospina et al., 2011).

Densidad de plantación. La distancia de siembra depende del uso final de la plantación. En el análisis de espaciamento de *Pinus patula*, a los 13 años de edad, encontró que distancias de siembra de 3,0 x 3,0 m (1.111 árboles/ha), 2,5 x 2,5 m (1.600 árboles/ha) y 3,0 x 2,0 m (1.666 árboles/ha), resultan ser las más adecuadas cuando el uso final de la plantación es para aserrío, ya que puede disminuirse paulatinamente hasta una densidad mínima que permita una ocupación óptima del terreno (Ospina et al., 2011).

Ahoyado. Cuando la plántula a establecer se ha propagado en tubetes plásticos o en pellets, el hoyo donde ésta se sembrará debe tener 20 cm de profundidad y 12 cm de ancho, estas dimensiones se pueden obtener cuando el hoyo se hace con un chuzo, en forma de bastón y punta redondeada. En pendientes superiores al 30 %, la limpieza se hace manualmente o mediante mantenimiento del plato con glifosato, en un radio de 50 cm. Cuando el suelo ha sido sobrepastoreado y está compactado, los hoyos donde va a establecerse la plántula deben ser de 30 x 30 x 30 cm, repicados en el plato y al fondo del hoyo, con el fin de airear el suelo y facilitar un mejor desarrollo radical (Ospina et al., 2011).

Fertilización. Después de 30 a 45 días de la siembra, es aconsejable fertilizar la plantación con 50 a 70 g/árbol de NPK (15 %-38 %-10 %), 8 g/árbol de bórax al 48 % y 20 g/árbol de sulfato de cinc. Algunas investigaciones, muestran que esta especie responde bien a la aplicación de Calfos más bórax, lo cual se ve reflejado en la disminución del índice de árboles bifurcados y achaparrados (Ospina et al., 2011).

Refertilización. En pino, la refertilización incrementa la productividad en madera comercial por hectárea, en porcentajes hasta de 45 %; sin embargo, la respuesta depende de la fertilidad inicial del suelo, de la disponibilidad de los elementos y de la fracción de éstos que sean tomados por el árbol. El momento óptimo de iniciar este proceso es una vez realizada la primera entresaca la cual, por lo general, se debe hacer entre el año 6 y 7, una vez se presenta el cierre de copas. Por lo general, para una mejor efectividad en la absorción y disponibilidad de nutrientes, se recomienda utilizar sulfatos (SO_4), fosfatos (PO_4) y cloruros (Cl_3), que son fuentes de dilución lenta a moderada, no se precipitan y además son monoespecíficos, favoreciendo la disponibilidad y asimilación del elemento. La refertilización se realiza con productos como el sulfato de amonio (N_3SO_4) 350 g/árbol, fosfato diamónico - DAP (18 %-46 %- 0 %) 80 g/árbol, cloruro de potasio (KCl) 20 g/árbol, borato (B_2O_5 al 48 %) 6 g/árbol y sulfato de zinc (ZnSO_4) 10 g/árbol (Ospina et al., 2011).

Podas. No se recomienda podar cuando el objetivo de la plantación es la producción de pulpa. En este caso, la poda sería necesaria para mejorar el desplazamiento al interior del lote ya que mejora el acceso y facilita la cosecha final o para crear una especie de barrera y reducir la acción del fuego en caso de probabilidad de un incendio forestal. El objetivo fundamental de la poda es incrementar los crecimientos en diámetro y mejorar la calidad futura de la madera, con miras a su utilización para aserrío. *Pinus patula* tiende a desarrollar libremente ramas duras, lo cual limita su uso en el campo de la madera estructural; hacer la poda a edades tempranas (3-4 años) tiene los siguientes beneficios: La madera tiene menos nudos y menos probabilidad de ser rechazada en el mercado, menor proporción de árboles bifurcados, la poda incrementaría la cantidad de madera madura (aserrío), la eliminación de varios tallos y ramas evita la formación de bifurcaciones, reduciendo la cantidad de madera de compresión (madera proveniente de copa y ramas). Por otra parte, el tiempo óptimo para la primera poda, desde el punto de vista comercial, está entre los 3 y los 4 años. El momento e intensidad de la poda afecta negativa o positivamente el crecimiento en volumen. El porcentaje de la copa a remover no puede ser superior al 30 % y se debe llegar máximo hasta el 50 % de la altura total. La poda debe realizarse con tijerones, sierras manuales o serruchos adecuados, para no rasgar el fuste del árbol. En zonas de alta susceptibilidad a hongos, los cortes se deben cubrir con cicatrizante o pasta bordales (Ospina et al., 2011).

2.2.2. Descripción de la especie *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham

Taxonomía. Según Trópicos (2023) la clasificación taxonómica de *Pinus patula* se describe de la siguiente manera:

Clase	: Equisetopsida C. Agardh
Subclase	: Pinidae Cronquist, Takht. & W. Zimm.
Orden	: Pinales Gorozh.
Familia	: Pinaceae Spreng. ex Rudolphi
Género	: <i>Pinus</i> L.
Especie	: <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. y Cham.

Dendrología. Árbol de porte mediano a grande, que en ejemplares longevos puede alcanzar alturas de hasta 40 m y 120 cm de diámetro. El tronco es recto, cilíndrico en un

comienzo y bastante cónico en casi toda su longitud. En árboles jóvenes, inicialmente la corteza es lisa y rojiza, y luego, ésta se torna marrón, áspera y se desprende en escamas (Ospina et al., 2011).

Distribución y ecología. Restringido a México oriental de Tamaulipas a Oaxaca. Aunque posee una distribución natural muy restringida, el pino pátula ha tenido mucho éxito en plantaciones industriales a través de los trópicos y subtrópicos, incluyendo el sur de África, el subcontinente de la India, la América del Sur y Australia, destacándose por su buena forma, crecimiento acelerado y gran tamaño. Se adapta en la formación bosque húmedo y muy húmedo montano bajo (bh-MB) (Vinueza, 2013).

Tecnología de la madera. La madera es fácil de aserrar, cepillar y pulir, tanto con herramientas manuales como mecánicas. Tiende al rasgamiento cuando se perfora o entalla, y en el torneado es muy corchosa. Cuando se presenta madera juvenil, se forma grano levantado de aspecto lanoso. Las propiedades de clavado son buenas, las de encolado son excelentes y pinta fácilmente. Se deja maquinar con relativa facilidad si se aplican las velocidades y ángulos de corte adecuados. Seca relativamente bien, tanto en el secado al aire libre como en el artificial, con algunas torceduras. No es resistente al tratamiento con preservativos. Sus propiedades físicas mecánicas indican una densidad anhidra mediana de 0,48 g/cm³ y densidad básica de 0,43 g/cm³; además presenta datos de contracción normal de 1,8 % (radial), 3,74 % (tangencial), 5,54 % (volumétrica) y una relación T/R de 2,07 (Vinueza, 2013).

Usos. Debido a su potencial productivo y capacidad de adaptación a distintas condiciones climáticas y suelos no forestales, se utiliza ampliamente para la producción de madera aserrada y material celulósico. Es comúnmente empleado en plantaciones comerciales en Sudáfrica y países de América del Sur, y su madera se considera de buena calidad. Se recomienda su uso en construcciones que requieren resistencia, como postes, durmientes, pilotes, armaduras y vigas. Además, se utiliza para fabricar cajas de embalaje y para acabados tanto interiores como exteriores. También es muy valorada en la fabricación de papel debido a la longitud de sus fibras. Aunque la madera obtenida de árboles inmaduros se utiliza para hacer cajas y pulpa para papel, su rendimiento en pulpa es inferior al de otras especies. Las tablas se utilizan en construcciones ligeras, carpintería, paredes, pisos falsos, tejas, entre otros usos. Esta especie también produce postes preservados de buena calidad.

Además, forma bosques de protección altamente eficientes en áreas elevadas de cuencas costeras y selvas (Chasquero, 2019).

2.2.3. Crecimiento de la especie Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham

En evaluaciones realizadas en las plantaciones forestales de La Granja Porcón en Cajamarca, se estableció un modelamiento del crecimiento obteniéndose que, a los 25 años, el rodal de *P. patula* presenta una tasa de crecimiento de 1,13 cm/año de su diámetro y que las curvas de área basal de incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) indican que se encuentra en la edad técnica de corte, por lo que se recomienda la aplicación de técnicas de raleos. Estas mediciones fueron realizadas con técnicas dendrocronológicas a través de la medición de los anillos de crecimiento anual (Domínguez, 2014).

El raleo es una actividad que promueve el crecimiento del diámetro, en las plantaciones forestales de *P. patula* en La Granja Porcón en Cajamarca, se obtuvo un crecimiento de 1,30 cm, anualmente a nivel del diámetro (DAP), el raleo se aplicó a los 15 años y la intensidad de raleo fue del 65 %. La técnica de raleo incrementa el crecimiento diamétrico cuando los árboles tienen más de 15 años, antes de esa fecha no influye mucho en el crecimiento diamétrico. Por otro lado, el crecimiento del volumen global por área disminuye al aplicar un raleo, debido a la disminución del número de árboles (Ortega, 2014).

En sitios favorables, el crecimiento de la especie es rápido, y en sus primeras etapas de desarrollo puede lograr un crecimiento anual de 2 m en altura, no siendo raro un crecimiento anual de 1 - 1,5 m, en altura total durante los primeros 10 años (Vinueza, 2013).

Con relación al efecto de las podas sobre el crecimiento de los árboles, de varios estudios realizados en Sudáfrica se ha concluido que el crecimiento se retarda en gran medida cuando se remueve un relativo alto porcentaje de la copa y cuando se poda sólo una proporción de los árboles en un rodal. El incremento del diámetro generalmente se reduce significativamente entre el primer y cuarto años después de la poda, pero posteriormente se recupera. Mientras el diámetro promedio no se afecta con podas del 25 % de la copa viva, con podas del 50 y 75 % se reduce significativamente durante períodos de corta a media duración. El crecimiento en altura, por su parte, a pesar de ser afectado en forma similar, muestra ser menos sensible a las podas que el crecimiento en diámetro; la remoción del 25 % de la copa no causa una reducción significativa del incremento en altura y, por lo tanto,

de la altura promedio. Si bien las podas fuertes reducen temporalmente el incremento en altura, sólo cuando la intensidad de éstas es del 75 % se afecta la altura promedio en forma significativa (Vallejoy, 2018).

2.2.4. Propiedades físicas de la especie

En Colombia, un estudio realizado para evaluar las propiedades físico-mecánicas de la madera de *P. patula* procedente de plantaciones, reporta una densidad básica de 0,38 a 0,50 g.cm⁻³, una contracción normal tangencial de 3,74 %, radial de 1,80 %, volumétrica de 5,54 %, y una relación T/R de 2,07; una contracción total tangencial de 7,60 %, radial de 4,28 %, volumétrica de 11,88 %, y una relación T/R de 1,77. Para la madera con un C.H. de 12 % se registraron los siguientes valores: para la flexión estática un esfuerzo límite proporcional (ELP) de 467 kg/cm², módulo de ruptura (MOR) de 759 kg/cm², y módulo de elasticidad (MOE) de 85,9 x 10³ kg/cm². Para la compresión paralela al grano un ELP de 255 kg/cm², un MOR de 372 kg/cm², y para la compresión perpendicular al grano, un ELP de 51 kg/cm². La dureza radial se estableció en 327 kg, la tangencial de 350 kg, la lateral de 339 kg, y en los extremos de 449 kg. La extracción de clavos en los extremos es de 1,88 kg y tangencial de 70,17 kg. La cizalladura tangencial es de 99 kg/cm², y la tenacidad radial de 0,6 kg-m (Vallejo, 2018).

Por su parte, Vinueza (2013) indica que la madera de *Pinus patula* presenta como propiedades físicas las siguientes:

Densidad anhidra mediana 0,48 g.cm⁻³

Densidad básica 0,43 g.cm⁻³

Contracción tangencial normal 3,74 %

Contracción radial normal 1,80 %

Contracción volumétrica normal 5,54 %

Relación contracción tangencial/radial 2,07

En relación con la determinación de las propiedades físicas de la madera, INACAL (2015) indica se las siguientes Normas Técnicas Peruanas:

NTP 251.005:2013, “PIEZAS DE MADERA. Glosario”. Establece las definiciones de las distintas piezas de madera redonda, labrada, aserrada y cepillada.

NTP 251.008:1980 (revisada el 2012), “MADERAS. Selección y colección de muestras”. Establece los procedimientos a seguir para realizar la selección y colección de muestras destinadas al estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas, que permitan obtener resultados representativos y comparables.

NTP 251.009:1980 (revisada el 2012), “MADERAS. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos”. Establece los procedimientos para el acondicionamiento de las maderas destinadas a ser sometidos a ensayos físicos y mecánicos. Esta Norma también establece los Requisitos generales para el tratamiento profiláctico del material contra hongos e insectos.

NTP 251.011:2014 (revisada el 2019), “MADERA. Método para determinar la densidad”. Establece los métodos a seguir para determinar la densidad de la madera bajo diferentes condiciones de contenido de humedad.

NTP 251.010:2014, “MADERA. Métodos para determinar el contenido de humedad”. Establece los métodos de ensayo para la determinación del contenido de humedad (CH) de la madera.

NTP 251.012:2015, “MADERA. Método de determinación de la contracción. 3ª Edición”. Esta Norma Técnica Peruana establece los procedimientos a seguir en la ejecución de ensayos para determinar la contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica de la madera.

2.2.5. Crecimiento y propiedades físicas

Algunos autores afirman que las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus patula* varían con la edad y la localidad, es así como en la Tabla 1 se detallan los valores obtenidos en el peso específico, para tres diferentes rangos de edades: 7 - 13 años, 14 - 20 años y mayores a 20 años, en una plantación de Piedras Blancas, Antioquia (Ospina et al., 2011).

Tabla 1*Variación del peso específico ρ (g/cm^3) con la edad del árbol de *Pinus patula**

Densidad (g/cm^3)	Edad en años		
	7 - 13	14 - 20	> 20
Densidad verde ρ_v (g/cm^3)	1,040	1,024	1,055
Densidad básica ρ_b (g/cm^3)	0,443	0,439	0,480

Fuente. Ospina et al. (2011).**2.3. Definición de términos básico*****Anillos de crecimiento anual***

Porción de la xilema de un árbol que se incrementa anualmente y que es fácil de distinguir el inicio y el término debido a diversas características anatómicas como la presencia secuencial de madera temprana y tardía, la presencia de poros ubicados en el límite de los anillos y la presencia de parénquima limítrofe solo o conjuntamente con poros. Las coníferas son especies que forman anillos de crecimiento anual muy bien definidos, mientras que en las latifoliadas son pocas las especies que forman anillos anuales definidos, siendo abundante la presencia de falsos anillos (Becerra y Zevallos, 2013).

Contenido de humedad

Cantidad de agua presente en la matriz de la madera o xilema en estado líquido o gaseoso, generalmente expresado como porcentaje de su peso. La humedad de la madera es responsable del comportamiento de la madera como material higroscópico y anisotrópico generando algunos problemas en su uso industrial (INACAL, 2015).

Contracción de la madera

Variación dimensional de la madera en sus tres planos de estudio o corte, debido a la variación de la humedad que contiene. Cuando la madera pierde humedad, la dimensión de sus ejes disminuye de manera perceptible y significativa, siendo mayor en el plano tangencial que en el radial, en el sentido longitudinal la variación dimensional es muy baja,

y generalmente no se considera, a la disminución de las medidas o dimensiones se denomina contracción, lo opuesto sucede cuando la madera gana humedad del exterior, en este caso se llama hinchamiento. La variación dimensional solamente es importante en la variación de la humedad higroscópica o gaseosa (INACAL, 2015).

Crecimiento diamétrico

Es el incremento del diámetro por unidad de tiempo, generalmente las expresiones son anualmente, y el diámetro que se mide es el diámetro a la altura del pecho DAP, o el diámetro a 1,30 m de la base del árbol. El crecimiento diamétrico es una de las mediciones más importantes de los parámetros dendrométricos del árbol, debido a que siempre se mide de manera directa (Domínguez, 2014).

Curvas de crecimiento

Son expresiones del crecimiento de un árbol y están conformados por el incremento corriente anual (ICA), que hace referencia a los cambios entre el tamaño al inicio y al final de un año de crecimiento. Por otro lado, si se considera un periodo de tiempo más extenso que un año se dice que es un período de crecimiento, y al incremento obtenido en ese lapso se le denomina incremento periódico (IP), esto es el contraste entre el tamaño al final del período y el tamaño al inicio del período; ese tamaño, dividido por el número de años en el período, genera el incremento periódico anual (IPA). Al dividir el tamaño total acumulado entre el número de años (edad) se obtiene el incremento medio anual (IMA) según (Ramírez, 2018).

Dendrocronología

La dendrocronología, del griego δένδρον, χρόνος y λόγος, es la ciencia que se ocupa de la datación de los anillos de crecimiento de las plantas arbóreas y arbustivas leñosas. Basada en el patrón de crecimiento de anillos, la dendrocronología analiza patrones espaciales y temporales de procesos biológicos, físicos o culturales. Esta técnica fue inicialmente desarrollada durante el siglo XX por A. E. Douglass, fundador del Laboratory of Tree-Ring Research, en la Universidad de Arizona. Gracias a ella, es posible fechar en forma aproximada la edad de la madera y, de modo aún más impreciso, la evolución del clima en el pasado (Jiménez, 2021).

Densidad básica

Propiedad física de la madera que relaciona la masa seca al horno o anhidra de una probeta de madera con su respectivo volumen húmedo o por encima del punto de saturación de la fibra. Se expresa en g.cm^{-3} o Kg.m^{-3} . Es la propiedad física más importante de la madera y se relaciona con las propiedades mecánicas de la madera. La madera también puede expresar densidades diferentes a la básica como la densidad anhidra, la densidad verde, la densidad tecnológica, todas ellas llamadas densidades aparentes; sin embargo, existe la densidad real que se diferencia de todas ellas (INACAL, 2015).

Normas técnicas peruanas

Conjunto de normas que regulan los diversos procedimientos técnicos estandarizados y normalizados de los materiales utilizados en la industria, para el caso de la madera el código de las normas técnicas es 251, y existen normas técnicas para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la madera, así como la obtención de probetas para los análisis (INACAL, 2015).

Probetas de madera

Pieza de madera con dimensiones estándares para realizar los ensayos tecnológicos, generalmente tienen forma y dimensiones específicas para cada propiedad que se quiere evaluar, para el caso de las propiedades físicas, se utilizan probetas de 100 mm de largo y 25 mm de ancho y espesor. Las probetas de madera deben ser perfectamente orientadas en los planos de estudio de la madera, es decir el plano longitudinal, tangencial y radial (INACAL, 2015).

Propiedades físicas de la madera

En tecnología de la madera se conoce como propiedades físicas a las propiedades que establecen la densidad y peso específico, el contenido de humedad y la variación dimensional. Estas propiedades son también conocidas como propiedades principales o básicas de la madera, ya que son las que influyen o determinan las otras propiedades de la madera (Vignote y Martínez, 2006).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

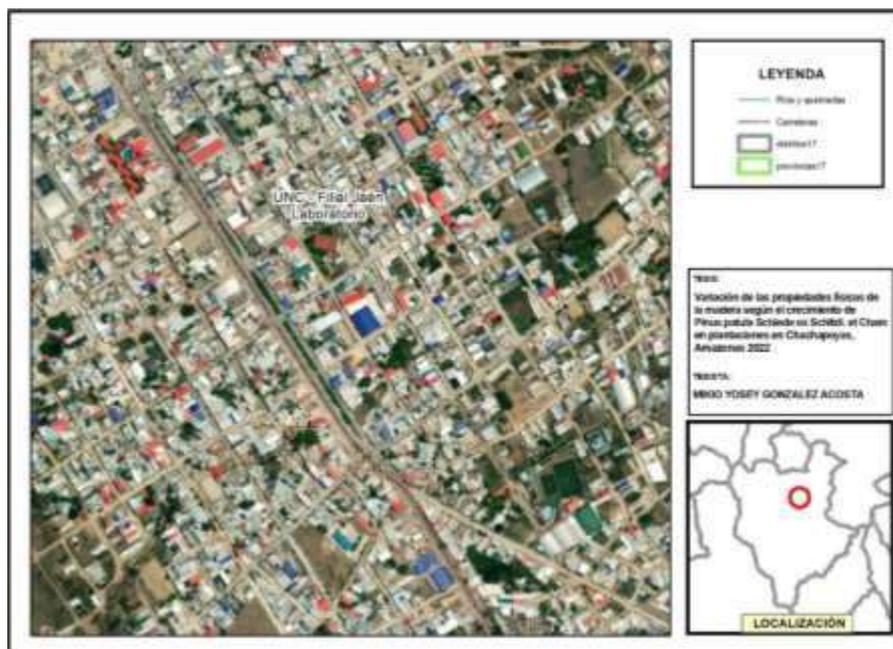
3.1. Localización de la investigación

La investigación se realizó en las plantaciones forestales de *Pinus patula* de propiedad de la Comunidad Campesina San Juan de Sonche, ubicada en el distrito de Sonche, en la provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas. Aquí se han instalado parcelas permanentes de muestreo PPM, a cargo del SERFOR, y aprovechando los raleos y extracciones selectivas que se realizaron, se obtuvo las muestras necesarias para la investigación. Geográficamente se encuentra entre altitudes de 1957 hasta 2697 m s. n. m. presenta las siguientes coordenadas geográficas Latitud: -6.219° , Longitud: -77.775° y Latitud: -6.217° Sur, Longitud: -77.758° .

Las evaluaciones dendrocronológicas y los ensayos de propiedades físicas de la madera se realizaron en el laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Cajamarca Filial - Jaén, ubicado en la ciudad de Jaén, como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Mapa de localización de la investigación



3.2. Tipo y diseño de la investigación

El tipo de esta investigación es correlativo porque se determina la relación que existe entre el crecimiento diamétrico del árbol y las propiedades físicas de su madera (Tabla 2).

Tabla 2

Tipo de Investigación

Criterio	Tipo de Investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos (alcances)	Correlacional
Fuente de datos	Primaria
Control en el diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Campo, laboratorio, Biblioteca (gabinete).
Intervención disciplinaria	Unidisciplinaria

3.2.1. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 3

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable I Crecimiento diamétrico del árbol	Es el incremento del diámetro por unidad de tiempo, generalmente las expresiones son anualmente, y el diámetro que se mide es el diámetro a la altura del pecho DAP (Domínguez, 2014).	IMA	cm.año ⁻¹	De razón
		ICA	cm.año ⁻¹	
Variable II Propiedades físicas de la madera	Se conoce como propiedades físicas a las propiedades que establecen la densidad y peso específico, el contenido de humedad y la variación dimensional. Son también conocidas como propiedades principales o básicas de la madera, ya que son las que influyen o determinan las otras propiedades de la madera (Vignote y Martínez, 2006).	Densidad Básica	g.cm ⁻³	De razón
		Contracción	%	
		Contenido de Humedad	%	

3.2.2. Unidad de análisis – población y muestra

Población. Estuvo constituida por todos los árboles de *Pinus patula* presentes en las plantaciones forestales de la Comunidad Campesina de San Juan de Sonche, las mismas que están constituidas por varios cientos de hectáreas de plantación por lo que se consideró como una población infinita debido al elevado número de árboles posibles a muestrear.

Muestra. Fue por conveniencia, no probabilística y se tomó en cuenta la recomendación establecida en la **NTP 251.008:1980 (revisada el 2012)**, “**MADERAS. Selección y colección de muestras**”, ya que es la norma que establece en el Perú la metodología de muestreo de maderas para estudios tecnológicos ya sea de propiedades físicas o mecánicas, y otros estudios anatómicos de la madera como la dendrocronología. Según esta norma el número de árboles a seleccionar son cinco, de los cuales se obtendrán las probetas para los ensayos.

Considerando que se va a relacionar el crecimiento diamétrico de los árboles con sus propiedades físicas, se muestrearon cinco árboles que han logrado un crecimiento por encima del crecimiento promedio para la especie y cinco árboles que no han logrado crecer al promedio de la especie.

Unidad de análisis. La unidad de análisis fueron las probetas de madera normalizadas y estandarizadas que se obtuvieron de los árboles muestreados. El número de probetas obtenidas dependió de cada ensayo que se realizó, así tenemos que para las propiedades físicas se obtuvieron diez probetas por cada grupo de muestreo, mientras que para el estudio dendrocronológico para determinar el crecimiento diamétrico se obtuvo una probeta por cada árbol seleccionado en la muestra.

El diseño de las probetas fue de acuerdo con las siguientes normas:

NTP 251.011:2014 (revisada el 2019), “MADERA. Método para determinar la densidad”.

NTP 251.010:2014, “MADERA. Métodos para determinar el contenido de humedad”.

NTP 251.012:2015, “MADERA. Método de determinación de la contracción. 3ª Edición”.

Para el caso de las probetas donde se realizó la evaluación dendrocronológica se siguió las recomendaciones brindadas por Becerra y Zevallos, (2014), lo mismo que para el tratamiento y procesamiento de las muestras.

3.2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fuentes. La información necesaria para realizar los correspondientes análisis en la presente investigación fue de fuentes primarias y provino de los ensayos y mediciones en campo y laboratorio, siguiendo la metodología descrita.

Técnicas. La técnica que se utilizó para la obtención de la información es la observación directa e indirecta, a través de mediciones de las propiedades físicas de la madera y el crecimiento diamétrico del árbol.

Instrumentos. En cuanto a los instrumentos podemos mencionar que se utilizaron los instrumentos mencionados en las respectivas normas técnicas para cada caso como son:

NTP 251.011:2014 (revisada el 2019), “MADERA. Método para determinar la densidad”.

NTP 251.010:2014, “MADERA. Métodos para determinar el contenido de humedad”.

NTP 251.012:2015, “MADERA. Método de determinación de la contracción. 3ª Edición”.

Procedimiento. Para determinar las propiedades físicas de la madera se siguió la metodología descrita en cada una de estas Normas Técnicas Peruanas antes mencionada.

En cuanto a las mediciones dendrocronológicas se siguió la metodología descrita por Becerra y Zevallos (2014), que incluye los siguientes pasos:

Con el objetivo de relacionar mejor la influencia del crecimiento de los árboles de *Pinus patula* en las propiedades físicas, se realizó un inventario de una parcela de evaluación permanente ubicada en las plantaciones forestales del distrito de Sonche, cuya área fue de 1000 m². Este inventario sirvió para seleccionar los árboles a evaluar de acuerdo a la NTP. 251.008, para los ensayos de propiedades físicas de la madera y estudio dendrocronológico, dividiéndose la población de árboles del área de estudio en dos grupos, unos que han logrado

crecer mayor a los que se les denominó “árboles grandes”, y en otro grupo los que han tenido problemas para crecer y que se les denominó “árboles pequeños”.

Se seleccionaron diez (10) árboles conforme a lo establecido en el muestreo, de los cuales se obtuvo una rodaja de aproximadamente 20 cm de largo, la selección de los árboles se hizo en función a las clases diamétricas obtenidas, seleccionándose cinco árboles con DAP menor a 20 cm a los que se les denominó árboles pequeños, y cinco árboles con DAP mayor o igual a 20 cm, a los que se les denominó árboles grandes.

Luego se procedió al secado de las rodajas en ambientes a la sombra, se evitó la radiación solar directa, con el objetivo de no producir grietas o rajaduras en las probetas.

A continuación, se lijaron una de las superficies de la probeta, para esto se usó lija grano 80 primero y posteriormente granos más finos como 200 y 400.

Posteriormente se midió el ancho de los anillos de crecimiento, para esto se trazaron cuatro líneas que parten de la médula hacia la corteza, midiéndose en cada una de estas líneas. Esta medición se realizó usando el estereoscopio de brazo con cámara incluida, utilizándose para las mediciones digitales el software AmScope, que permitió realizar mediciones con precisión de 1.0 micrómetro. Los datos obtenidos se anotaron en los instrumentos de recolección de datos, para ser procesados posteriormente.

De las rodajas obtenidas, se realizó el corte orientado para obtener probetas para la medición de las propiedades físicas, estas probetas tuvieron la dimensión de 3 cm x 3 cm x 10 cm de manera nominal, se siguió lo estipulado en las NTP para cada propiedad física. En el Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la UNC - Filial Jaén, se realizó la determinación de las propiedades físicas de densidad, contenido de humedad y contracción de la madera, anotándose los datos en los instrumentos de recolección de datos, para ser procesados posteriormente.

3.2.4. Validación y prueba de confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron están enmarcados en las Normas Técnicas Peruanas, las cuales son de uso obligatorio y oficial para realizar investigaciones tecnológicas de la madera en el Perú, por lo que no es necesario su validación por expertos, en cuanto a la confiabilidad de los resultados, la estadística aplicada determinó los parámetros que garanticen la validez de los datos.

3.2.5. Técnica del procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en las mediciones de campo y laboratorio fueron procesados para obtener las propiedades físicas y las curvas de crecimiento diamétrico de los árboles, estos cálculos se realizaron en el software MS Excel. Los datos obtenidos de las propiedades físicas y crecimiento diamétrico fueron sometidos a un análisis correlacional, determinándose primero sus estadísticos descriptivos y luego una prueba de Ji cuadrado o de correlación de Pearson.

3.2.6. Aspectos éticos por considerar

En el desarrollo de la presente investigación se tomó en cuenta los principios éticos para la investigación de la UNESCO, los que consideran dignidad humana y derechos humanos, beneficio y efectos nocivos, autonomía y responsabilidad individual, consentimiento, personas carentes de la capacidad de dar su consentimiento, respeto a la vulnerabilidad humana y la integridad personal, privacidad y confidencialidad, igualdad, justicia y equidad, no discriminación y no estimación, respeto a la diversidad cultural y del pluralismo, solidaridad y cooperación, responsabilidad social y salud, aprovechamiento compartido de los beneficios, protección del medio ambiente, la biosfera y la biodiversidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Curvas de crecimiento de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham a nivel de DAP

Con el objetivo de realizar un muestreo de los árboles necesarios para determinar las curvas de crecimiento y posteriormente las propiedades físicas de la madera, muestreo este que cumplió con lo establecido en la metodología, se realizó primero el inventario en la Parcela Permanente de Muestreo de la plantación, mostrándose los resultados a continuación.

a. Inventario de árboles presentes en la parcela de evaluación

Tabla 4

Variables dasométricas de los árboles de Pinus patula inventariados

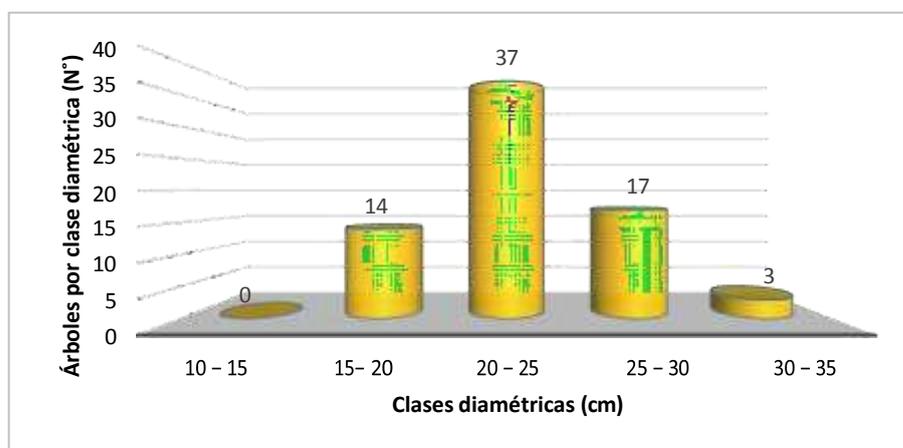
DAP Promedio (m)	HF Promedio (m)	N° arboles / ha	Vol. Promedio/ árbol (m³)	Vol. ha (m³)
0,209	8,14	710	0,143	101.25

Como puede verse en la tabla 4, los árboles inventariados de *Pinus patula*, son de diámetro pequeño en promedio, ya que la plantación tenía una edad de 12 años al momento de la evaluación. De manera promedio, los árboles tienen valores dasométricos que son aceptables para la edad de la plantación; sin embargo, este cuadro de datos, no ilustra como han crecido los árboles individualmente, ya que son promedios.

Tabla 5*Clase diamétrica de los árboles inventariados de Pinus patula*

Evaluación de plantaciones forestales de *Pinus patula* en parcela de evaluación permanente de 1000 m²

Nombre común	Variable	Clase diamétrica					Total por parcela	Total por ha
		10 - 15	15- 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35		
	N°	0	14	37	17	3	71	710
Pino patula	Ab (m ²)	0	0,35	1,44	0,99	0,22	3,01	30,05
	Vol (m ³)	0	1,51	6,27	4,95	1,20	13,93	139,30

Figura 2*Clase diamétrica de los árboles inventariados de Pinus patula*

Como puede verse en la tabla 5 y figura 2, los árboles de *Pinus patula* se encuentran concentradas principalmente en tres clases diamétricas, que van de 15 cm de DAP hasta 30 cm de DAP, siendo la clase diamétrica de 20 – 25 cm, la que tiene mayor cantidad de representantes con 37 individuos.

b. Curvas de crecimiento de los árboles de *Pinus patula*

- *Crecimiento acumulado del diámetro de los árboles*

Tabla 6

Crecimiento de los árboles evaluados a nivel diamétrico

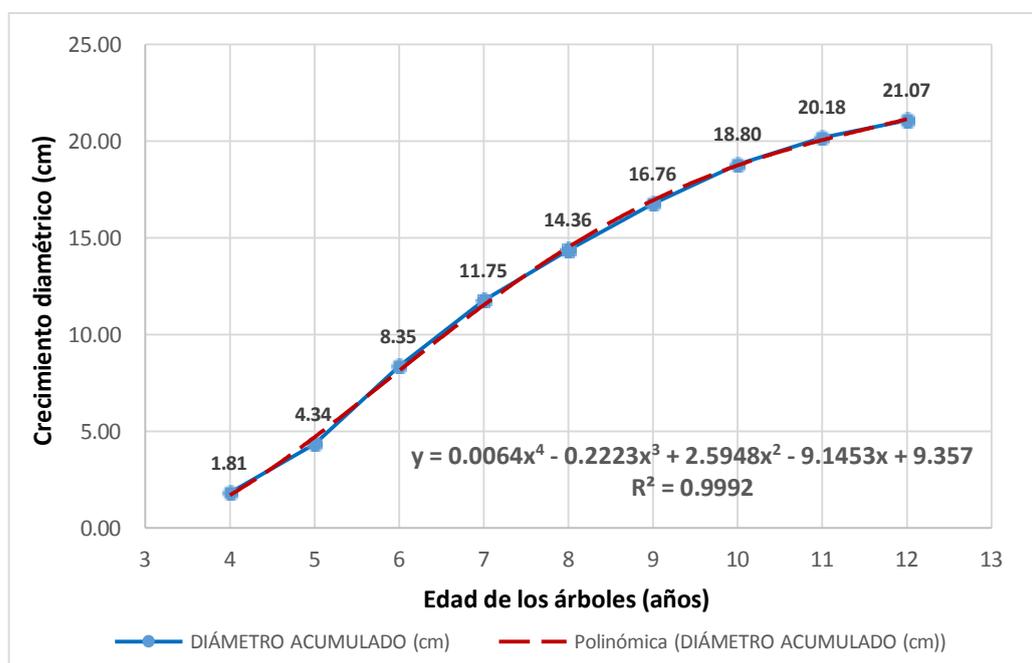
N° Anillo	Edad (años)	Diámetros promedios (cm) por árbol evaluado										Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
		A50	A2	A42	A70	A58	A54	A1	A72	A23	A38		
1	4	1,69	1,42	1,89	1,94	1,87	1,77	2,09	2,51	1,22	1,71	1,81	1,81
2	5	3,27	2,08	3,09	2,21	2,90	1,77	3,29	2,91	2,02	1,74	2,53	4,34
3	6	4,36	3,42	4,37	3,46	3,19	4,45	3,89	4,46	4,37	4,18	4,02	8,35
4	7	3,66	3,80	3,74	3,35	2,76	3,23	3,34	3,88	3,10	3,13	3,40	11,75
5	8	2,58	3,05	3,62	2,28	2,08	2,02	2,90	3,00	2,24	2,33	2,61	14,36
6	9	2,61	2,70	3,01	2,40	2,40	1,74	2,67	2,86	1,92	1,64	2,40	16,76
7	10	2,30	2,75	2,78	1,64	1,91	1,67	1,30	2,92	1,40	1,74	2,04	18,80
8	11	1,76	1,64	2,03	0,49	1,35	0,95	1,23	2,44	0,98	0,94	1,38	20,18
9*	12*	1,13	0,95	1,35	0,56	0,84	0,40	1,16	1,53	0,54	0,44	0,89	21,07
Total		23,38	21,81	25,88	18,32	19,30	18,00	21,88	26,51	17,80	17,86	21,07	

Nota. El anillo número 9, que corresponde a la edad de 12 años, se encontraba en formación incompleta cuando se talaron los árboles. Los códigos de los árboles evaluados, son los que corresponden al que se le asignó durante el inventario.

A pesar que la plantación tenía doce años de edad al momento de la evaluación, las probetas para evaluaciones dendrocronológicas solo contenían ocho anillos completos (8) y un (1) anillo en proceso de formación, los otros anillos no se detectan debido a que se encuentran en la parte basal del árbol y no en el DAP. Es por eso que no es coincidente el número de anillo con la edad. Esto es muy importante para calcular las curvas de crecimiento, especialmente el incremento medio anual IMA, pues este se calcula en base a la edad del árbol.

Figura 3

Crecimiento diamétrico promedio de árboles de Pinus patula



Nota: La curva de crecimiento se elaboró con los datos promedios de los diez árboles evaluados. La línea de tendencia que mejor se ajusta es una polinómica de cuarto grado.

Como puede verse en la tabla 6 y figura 3, si juntamos todos los árboles muestreados, tanto los pequeños como los grandes, se tiene una curva de crecimiento clásica, con una identificación de las fases de crecimiento inicial y exponencial, mostrando también que los árboles se encuentran en proceso de crecimiento, no ingresando a su fase de maduración o fase III aún.

Tabla 7*Crecimiento de los árboles pequeños evaluados a nivel diamétrico*

N° Anillo	Edad (años)	Diámetro promedio (cm) por árbol					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
		A70	A58	A54	A23	A38		
1	4	1,94	1,87	1,77	1,22	1,71	1,70	1,70
2	5	2,21	2,90	1,77	2,02	1,74	2,13	3,83
3	6	3,46	3,19	4,45	4,37	4,18	3,93	7,76
4	7	3,35	2,76	3,23	3,10	3,13	3,11	10,87
5	8	2,28	2,08	2,02	2,24	2,33	2,19	13,06
6	9	2,40	2,40	1,74	1,92	1,64	2,02	15,08
7	10	1,64	1,91	1,67	1,40	1,74	1,67	16,75
8	11	0,49	1,35	0,95	0,98	0,94	0,94	17,70
9*	12*	0,56	0,84	0,40	0,54	0,44	0,56	18,26
Total		18,32	19,30	18,00	17,80	17,86	18,26	

Nota. El anillo número 9, que corresponde a la edad de 12 años, se encontraba en formación incompleta cuando se talaron los árboles. Árboles seleccionados con DAP menor a 20 cm.

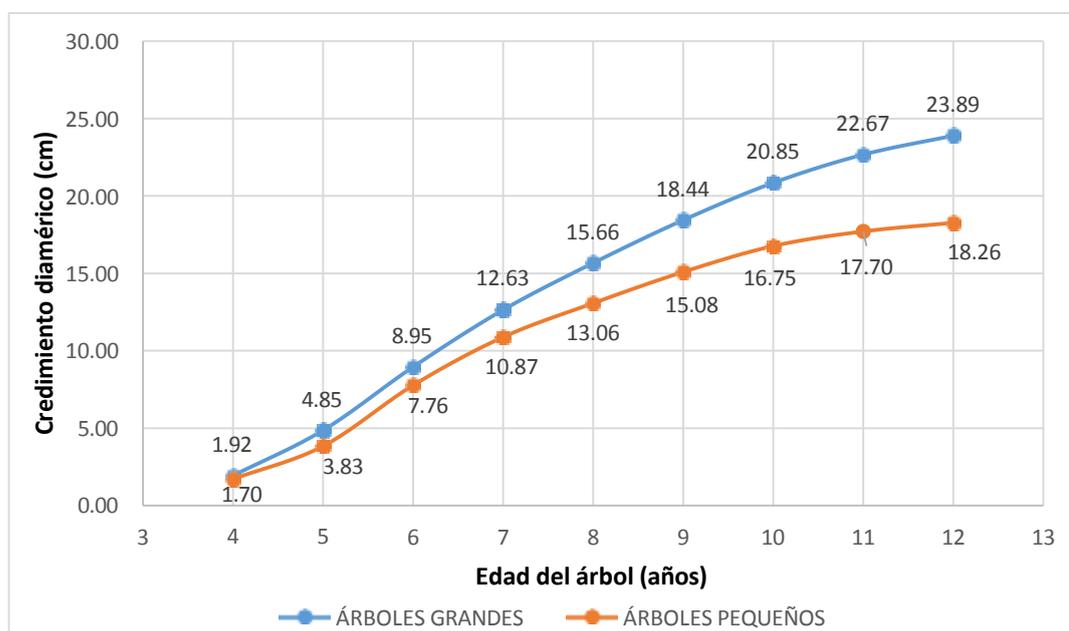
Tabla 8*Crecimiento de los árboles grandes evaluados a nivel diamétrico*

N° Anillo	Edad (años)	Diámetro promedio (cm) por árbol					Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
		A50	A2	A42	A1	A72		
1	4	1,69	1,42	1,89	2,09	2,51	1,92	1,92
2	5	3,27	2,08	3,09	3,29	2,91	2,93	4,85
3	6	4,36	3,42	4,37	3,89	4,46	4,10	8,95
4	7	3,66	3,80	3,74	3,34	3,88	3,69	12,63
5	8	2,58	3,05	3,62	2,90	3,00	3,03	15,66
6	9	2,61	2,70	3,01	2,67	2,86	2,77	18,44
7	10	2,30	2,75	2,78	1,30	2,92	2,41	20,85
8	11	1,76	1,64	2,03	1,23	2,44	1,82	22,67
9*	12*	1,13	0,95	1,35	1,16	1,53	1,22	23,89
Total		23,38	21,81	25,88	21,88	26,51	23,89	

Nota. El anillo número 9, que corresponde a la edad de 12 años, se encontraba en formación incompleta cuando se talaron los árboles. Árboles seleccionados con DAP mayor a 20 cm.

Figura 4

Comparación del crecimiento diamétrico de árboles de Pinus patula



Nota. Las curvas de crecimiento diamétrico, se elaboraron con los promedios de crecimiento de los cinco árboles grandes y pequeños.

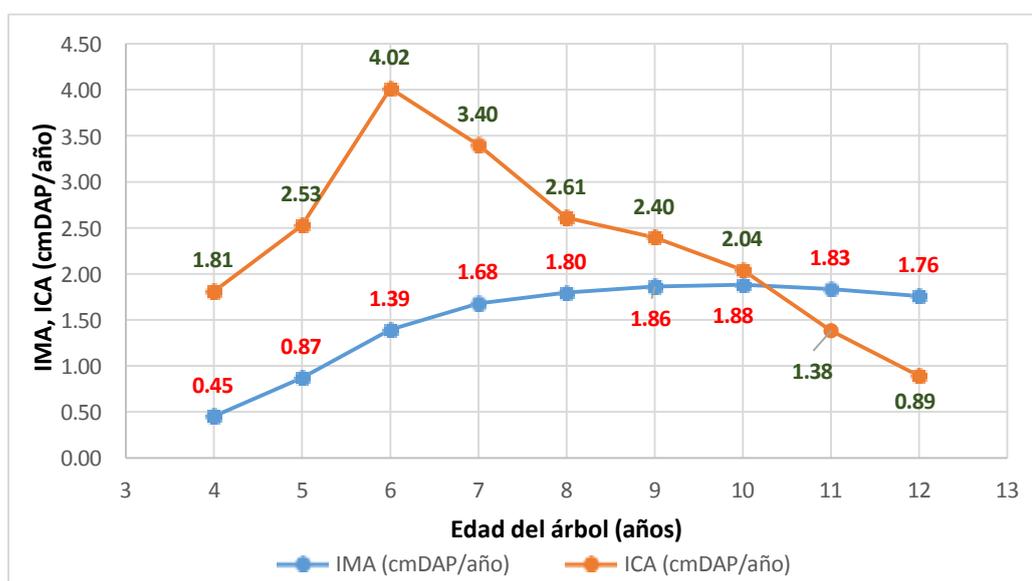
Las tablas 7 y 8, y la figura 4, se visualiza la diferencia que existe entre los árboles que fueron seleccionados como de crecimiento lento, con los de crecimiento rápido a nivel del DAP. Los diámetros de ambos grupos de árboles, parten de un valor muy similar, alcanzando diferencias de poco más de 5 cm al cumplir 12 años. Esta diferencia de diámetros, indica que los árboles crecen de manera desigual a pesar que se encuentran en una misma parcela de 0.10 ha.

- ***Crecimiento medio y corriente del diámetro de los árboles***

Para determinar el crecimiento anual que han tenido los árboles de *Pinus patula*, se calculó las curvas de crecimiento anual, estas curvas se calcularon del crecimiento diamétrico a nivel del DAP. Se calculó el incremento medio anual o IMA y el incremento corriente anual o ICA. Al igual que con la curva de crecimiento anterior, se calculó primero para todos los árboles, y posteriormente por separado, para los árboles grandes y pequeños.

Tabla 9*Curvas de crecimiento IMA e ICA promedio de los árboles de Pinus patula*

N° Anillo	Edad (años)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cmDAP/año)	ICA (cmDAP/año)
1	4	1,81	1,81	0,45	1,81
2	5	2,53	4,34	0,87	2,53
3	6	4,02	8,35	1,39	4,02
4	7	3,40	11,75	1,68	3,40
5	8	2,61	14,36	1,80	2,61
6	9	2,40	16,76	1,86	2,40
7	10	2,04	18,80	1,88	2,04
8	11	1,38	20,18	1,83	1,38
9	12	0,89	21,07	1,76	0,89
Total		21,07			

Figura 5*Curvas de crecimiento IMA e ICA promedio de los árboles de Pinus patula*

En la tabla 9 y figura 5, se visualiza las curvas de crecimiento anual IMA e ICA promedio de los 10 árboles evaluados. Hay que considerar que se considera el IMA e ICA a nivel del DAP, es decir cuando la planta llegó a la altura promedio de 1,30 m de alto (que es la altura a la que se mide el DAP), en promedio ya ha tenido una edad promedio de tres años

según las evaluaciones realizadas, es por eso que solo se identificaron nueve anillos, a pesar que según los registros la plantación ya tenía doce años de edad. Este IMA es real y comercial, pues establece el crecimiento promedio anual de los árboles en función al DAP, que es la variable más importante para cubicar el volumen del fuste de los árboles en pie.

Sin embargo, para establecer si el crecimiento anual de los árboles tiene diferencias entre los árboles grandes y pequeños, y al mismo tiempo si esto guarda relación con las propiedades físicas.

Tabla 10

Curvas de crecimiento IMA e ICA de los árboles grandes de Pinus patula

N° Anillo	Edad (años)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cmDAP/año)	ICA (cmDAP/año)
1	4	1,92	1,92	0,48	1,92
2	5	2,93	4,85	0,97	2,93
3	6	4,10	8,95	1,49	4,10
4	7	3,69	12,63	1,80	3,69
5	8	3,03	15,66	1,96	3,03
6	9	2,77	18,44	2,05	2,77
7	10	2,41	20,85	2,08	2,41
8	11	1,82	22,67	2,06	1,82
9	12	1,22	23,89	1,99	1,22
Total		23,89			

Tabla 11*Curvas de crecimiento IMA e ICA de los árboles pequeños de Pinus patula*

N° Anillo	Edad (años)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)	IMA (cmDAP/año)	ICA (cmDAP/año)
1	4	1,70	1,70	0,43	1,70
2	5	2,13	3,83	0,77	2,13
3	6	3,93	7,76	1,29	3,93
4	7	3,11	10,87	1,55	3,11
5	8	2,19	13,06	1,63	2,19
6	9	2,02	15,08	1,68	2,02
7	10	1,67	16,75	1,68	1,67
8	11	0,94	17,70	1,61	0,94
9	12	0,56	18,26	1,52	0,56
Total		18,26			

En las tablas 10 y 11 se visualiza las curvas de crecimiento separadas de cada grupo de árboles evaluados, así tenemos que en promedio el IMA de los árboles grandes es de 2,06 cmDPA/año, mientras que para los árboles pequeños, es de 1,61 cmDAP/año; mientras que en función al ICA, este alcanza un valor máximo en los árboles grandes de 4.,10 cmDAP/año a los 6 años de edad, mientras que para los árboles pequeños, el valor máximo del ICA es de 3,93 cmDAP/año, y se da a los seis años de edad también.

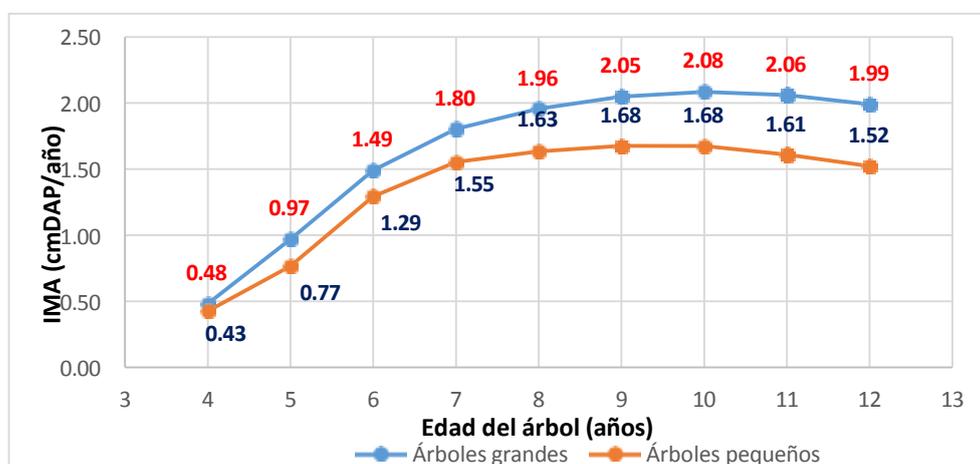
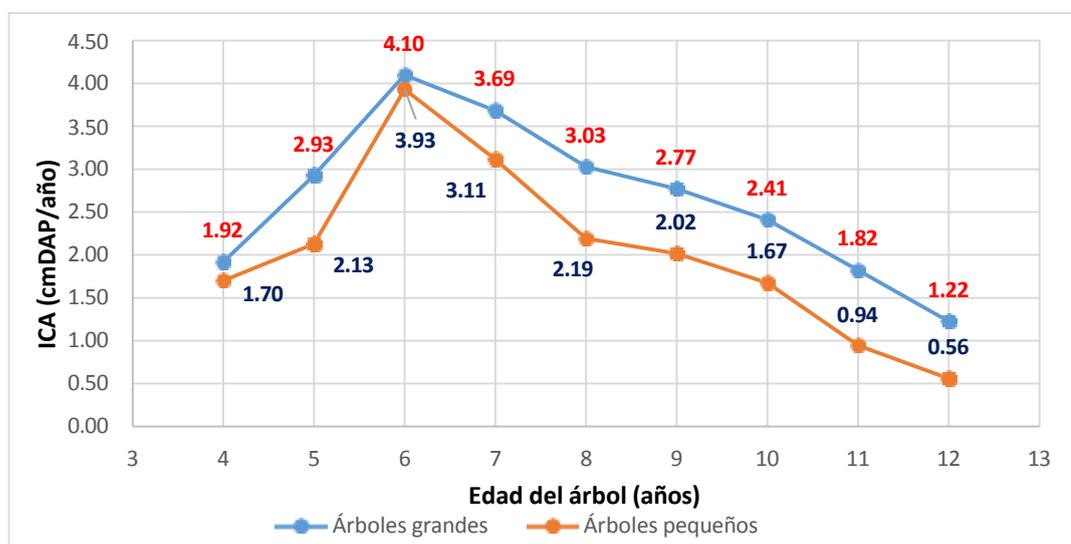
Figura 6*Comparación del IMA de los árboles pequeños y grandes de Pinus patula*

Figura 7

Comparación del ICA de los árboles pequeños y grandes de Pinus patula



En las figuras 6 y 7, se muestra la comparación de las curvas de crecimiento IMA e ICA entre los árboles grandes y pequeños de *Pinus patula*. En la figura 6, se ve la comparación de los valores del IMA, siendo muy similar a la curva de crecimiento acumulado, teniendo al inicio valores muy cercanos, y a la edad de 12 años terminan con una diferencia aproximada de 0,5 cm; sin embargo, esta comparación solo nos muestra la superioridad del crecimiento promedio de un grupo de árboles sobre los otros, y esta superioridad siempre es permanente. Por otra parte, en la figura 7, se ve la comparación del ICA, de ambos grupos de árboles, en este caso, puede verse que el crecimiento sigue la misma tendencia; sin embargo en el anillo 4, cuando el árbol tiene seis años, estas curvas casi tiene el mismo valor, siguiendo luego una diferencia que se va incrementando con la edad, superando en valor los árboles grandes a los pequeños; este dato de coincidencia, nos indica que los árboles crecen inicialmente a la misma velocidad, pero en el sexto año empieza a diferenciarse el crecimiento, tomando superioridad los árboles grandes. La información obtenida del comportamiento del ICA en la comparación realizada es de vital importancia para la silvicultura aplicada a plantaciones forestales de la especie, pues indica el momento en que la competencia de los árboles influye en el crecimiento de algunos de ellos, y por lo tanto se deberían aplicar tratamientos como los raleos, por ejemplo.

4.1.2. Propiedades físicas de la madera de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham

Se realizó la determinación de las propiedades físicas de los árboles muestreados. Los resultados se muestran en la tabla 12.

Tabla 12

Propiedades físicas de la madera de los árboles de Pinus patula

‘	Propiedad física	Ítems	Valor	Norma de referencia
1	Densidad básica	X (g.cm ⁻³)	0,39	NTP 251.011:2014 (Revisada el 2019)
		C.V. (%)	9,94	
2	Densidad aparente	X (g.cm ⁻³)	0,43	NTP 251.011:2014 (Revisada el 2019)
		C.V. (%)	9,80	
3	Densidad verde	X (g.cm ⁻³)	0,79	NTP 251.011:2014 (Revisada el 2019)
		C.V. (%)	9,13	
4	Contracción Radial	X (%)	4,41	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	22,21	
5	Contracción Tangencial	X (%)	5,79	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	25,26	
6	Contracción Volumétrica	X (%)	10,38	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	12,08	
7	Relación CT/CR	Relación	1,41	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	36,95	
8	Humedad	X (%)	105,59	NTP 251.010:2014
		C.V. (%)	15,44	

En la tabla 12, se puede visualizar todas las propiedades físicas promedio de los diez árboles de *Pinus patula*. Puede visualizarse que, para el caso de las densidades, el coeficiente de variabilidad es menor a 10 %, lo que indica que son valores aceptables estadísticamente. En el caso de las contracciones los coeficientes de variabilidad suben debido a que se han mezclado árboles grandes con pequeños; sin embargo, el valor de la relación de contracciones es aceptable para el caso de una madera de coníferas.

Tabla 13

Comparación de las propiedades físicas de la madera de los árboles grandes y pequeños de Pinus patula

Muestra	Ítem	D.B. (g/cm ³)	D.A. (g/cm ³)	D.V. (g/cm ³)	C.T. (%)	C.R. (%)	C.V. (%)	Relación C.T./C.R.	Max. C.H. (%)
Árboles pequeños	X	0,385	0,43	0,79	6,03	4,06	10,29	1,52	104,24
	C.V.	7,42	7,18	7,83	21,23	15,14	12,32	26,66	11,74
Árboles grandes	X	0,389	0,44	0,80	5,55	4,76	10,48	1,29	106,93
	C.V.	12,46	12,41	10,43	29,29	29,29	11,84	47,24	19,14
Promedio	X	0,39	0,43	0,79	5,79	4,41	10,38	1,41	105,59
	C.V.	9,94	9,80	9,13	25,26	22,21	12,08	36,95	15,44

Nota: Entiéndase D.B como densidad básica, D.A. como densidad anhidra, D.V. densidad verde, C.T. contracción tangencial, C.R. como contracción radial, C.V. como contracción volumétrica, y Max. C.H. como máximo contenido de humedad.

En la tabla 13, se ve los resultados de las propiedades físicas separadas para los dos grupos de árboles, puede verse que la densidad es prácticamente la misma, no influyendo la tasa de crecimiento sobre la misma; similar comportamiento tiene las otras propiedades físicas; sin embargo, la relación de contracciones tangencia y radial si tiene diferencia, y siendo más estable en la madera que logró tener un crecimiento mayor, por lo que sería ligeramente de mejor calidad.

Los resultados mostrados son promedio de las probetas analizadas de ambos grupos de árboles, y como tal puede haber árboles que crecieron más que otros incluso dentro del mismo grupo, de la misma manera, las propiedades físicas también son promedios y puede haber árboles que tengan madera con propiedades físicas diferentes.

4.1.3. Relación entre crecimiento y propiedades físicas de la madera de *Pinus patula*

Para determinar la relación que existe entre el crecimiento diamétrico (DAP) de los árboles con las propiedades físicas, se aplicó una prueba de correlación de Pearson entre el IMA del DAP de los árboles con la densidad básica de su madera, por ser la propiedad física más importante y la relación contracción tangencial y contracción radial, por ser esta última la que mostró mayor relación en el ítem anterior. Para el cálculo de correlación, se ordenaron los datos de las tres variables, tal como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14

*Propiedades físicas e IMA de los árboles evaluados de *Pinus patula**

Código árbol	IMA (cmDAP/año)	Densidad básica (g/cm³)	Relación CT/CR
A38	1,58	0,38	2,03
A23	1,57	0,41	1,92
A54	1,60	0,39	1,87
A70	1,61	0,37	1,66
A58	1,68	0,41	1,61
A1	1,88	0,37	1,39
A23	1,90	0,41	1,19
A72	2,27	0,39	1,17
A50	2,02	0,40	0,96
A42	2,23	0,41	0,61

En la tabla 14, se puede ver los datos de IMA, densidad básica y relación de contracción tangencial y contracción radial, estos datos permitirán realizar las correlaciones.

Tabla 15

Correlación de Pearson entre IMA con densidad básica y relación CT/CR

Variables de correlación	Valor Pearson
Densidad básica - IMA	0,22220
Relación CT/CR - IMA	-0,90623

Figura 8

Relación entre IMA y densidad básica

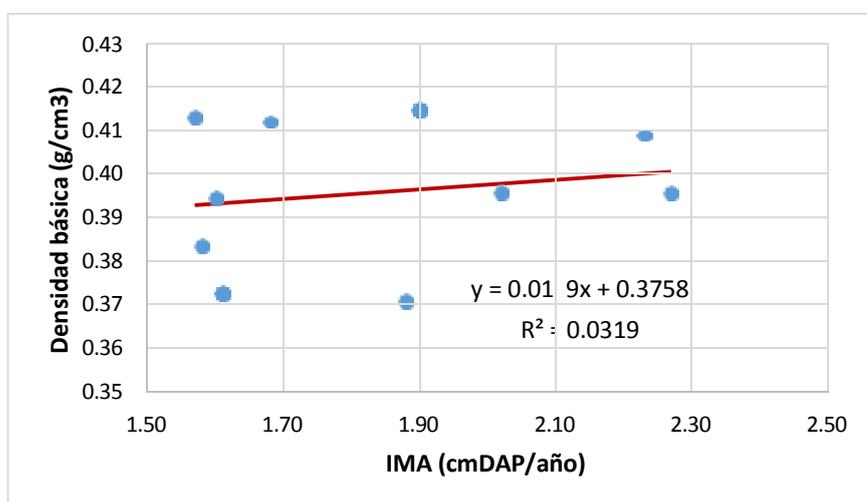
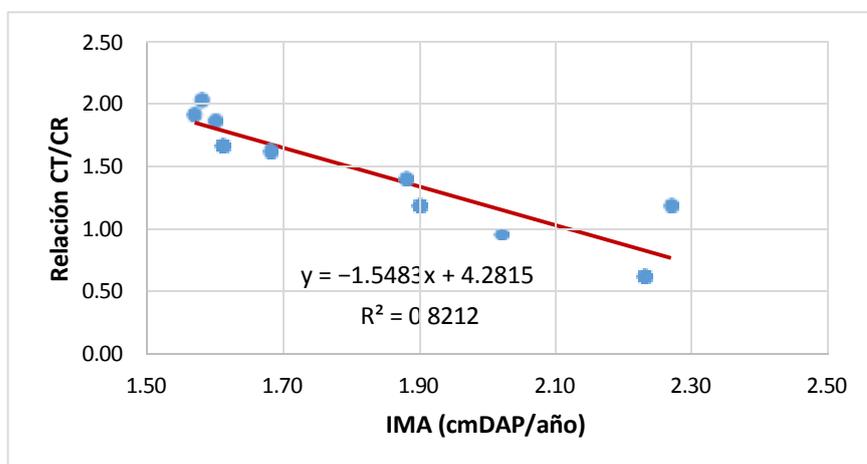


Figura 9

Relación entre IMA y relación CT/CR



En la tabla 15, se ve los resultados de la correlación de Pearson entre el IMA con la densidad básica y la relación contracción tangencial, contracción radial. En el caso de la relación que hay entre el IMA con la densidad básica, esta es muy baja, pero es positiva, esto corrobora los resultados obtenidos en la tabla 13, donde se obtuvo similar valor de densidad básica entre los árboles grandes y los árboles pequeños; esto nos indica que el crecimiento diamétrico tiene poca relación con la densidad de la madera. Por su parte al analizar la relación entre IMA y la relación contracción tangencial, contracción radia, si existe una relación alta pero negativa, es decir que conforme más rápido crezca el árbol, la relación de las contracciones disminuye; esta relación es importante, porque nos indica que mientras el árbol crece más rápido, la relación CT/CR disminuye, y por consiguiente se tiene madera más estable dimensionalmente, con un excelente comportamiento al aserrado y principalmente al secado.

Las figuras 8 y 9, nos muestran de manera gráfica estas relaciones, mostrándose también en las mismas el coeficiente de determinación de las variables relacionadas. Puede verse en la figura 8, que la regresión lineal, es casi horizontal, lo que quiere decir que la densidad de la madera es indiferente con el crecimiento del árbol, no afectándola en medida significativa. Mientras que en la figura 9, puede ver que la regresión lineal tiene una tendencia descendente conforma se incrementa el IMA del DAP, esto permite mostrar de manera visual la relación que hay entre las variables IMA y relación CT/CR.

4.2. Discusión

La investigación de tesis se desarrolló de acuerdo a lo planificado en el plan de tesis aprobado, se superaron los inconvenientes iniciales que generó la pandemia del COVID 19, en su última etapa; sin embargo, se cumplió con el objetivo general de la investigación que fue determinar la variación de las propiedades físicas de la madera de *Pinus patula*, según su crecimiento, en función a esto, se encontró que el crecimiento diamétrico (DAP) que se midió, no influye de manera significativa en la propiedad física de la densidad de la madera, siendo la densidad básica muy similar en los árboles que lograron mayor crecimiento y los que no crecieron con el mismo ritmo; similar comportamiento tuvieron la densidad anhidra, densidad verde; pero si se encontró influencia en la relación contracción tangencial, contracción radial, siendo inversamente proporcional. Esta compilación de resultados generales, se desglosaron de acuerdo a los objetivos específicos de la investigación. A

continuación, se detallan los resultados obtenidos de los objetivos específicos, y su discusión con otros investigadores para validar los resultados.

Con respecto al primer objetivo específico, se determinaron las curvas de crecimiento, y su relación con el crecimiento del árbol, así se determinó el crecimiento promedio final, al momento de la evaluación de los árboles inventariados, encontrándose que el DAP promedio de los mismos era de 0,2091 cm, como puede verse en la tabla 4, y considerando que la plantación tenía 12 años al momento de la evaluación, entonces su IMA diamétrico fue de 1,74 cm DAP/año. Este IMA es final, más no indica como ha crecido el árbol en promedio durante esos 12 años; también hay que indicar, que la plantación durante esos años no ha recibido tratamientos silviculturales como podas y raleos, por lo que el valor promedio, es variable al evaluar árbol por árbol. Por su parte Reyes et al. (2020), en evaluaciones realizadas a esta especie encontró que el IMA variaba desde 1,6 hasta 0,7 cm DAP/año, estos investigadores midieron plantaciones que habían recibido dos raleos; sin embargo, el IMA no mejoró significativamente con respecto a lo encontrado en la presente investigación.

En la evaluación dendrocronológica que se realizó a diez árboles seleccionados de diferentes diámetros, se determinó el crecimiento, encontrándose que en promedio el árbol creció 21,07 cm de diámetro, lo que nos daría un IMA promedio final de 1,81 cm DAP/año, ligeramente superior al encontrado de la evaluación dasométrica. Sin embargo, tanto en el inventario realizado en la parcela de evaluación permanente (1000 m²), como en el trabajo de campo, se pudo evidenciar que existe una marcada diferencia entre el crecimiento de los árboles, existiendo árboles que han crecido de manera rápida, y árboles que no han logrado crecer de la misma manera teniendo diámetros menores; de acuerdo a esta condición y con el objetivo de establecer las relaciones que hay entre el crecimiento y las propiedades físicas, se optó por dividir los diez árboles muestreados en dos grupos, uno de árboles que no habían alcanzado los 20 cm de DAP y el otro grupo aquellos que habían superado los 20 cm de DAP, se tomó este valor por ser el DAP promedio encontrado en el inventario (tabla 4). En el análisis del crecimiento de los árboles en general, como de los árboles que han logrado crecer más rápidamente, se encontró que ambos aún se encontraban en la fase de crecimiento II, o crecimiento exponencial, es decir que los anillos de crecimiento de la sección cercana a la corteza, son los de mayor dimensión, por lo que se deduce que el árbol aún puede crecer más en esta fase, antes que ingrese a la fase de crecimiento lento o fase III. Otros investigadores, también encontraron que los árboles evaluados, se encontraban en la fase II

de crecimiento, ya que eran árboles jóvenes de 13 años de edad (Reyes et al, 2020), o porque se trataban de árboles provenientes de raleos (Riesco y Díaz, 2007); mientras que otros investigadores utilizaron árboles que ya estaban en su fase III de crecimiento, para obtener datos confiables de propiedades físicas de la madera, utilizando así árboles de 20 años de edad (Castillo, 2004), de 25 años de edad (Vega et al, 2019). En cuanto al crecimiento de los árboles, separados en los grupos mencionados, se puede ver que el crecimiento acumulado de ambos grupos al terminar la evaluación (año 12), alcanzan una diferencia de 5 cm aproximadamente, y esta diferencia es sostenida y consistente.

En cuanto a las curvas de crecimiento de los árboles evaluados se tuvo en general que el IMA promedio final determinado con métodos dendrocronológicos fue de 1,83 cm DAP/año, alcanzando el máximo valor de 1,88 cm DAP/año en el año 10 de edad. En cuanto al ICA, este tuvo como máximo valor 4,02 cm DAP/año y lo alcanzó en el año 6 de edad, siendo el ICA final de solo 1,38 cm DAP/año. Estos valores generales de los árboles evaluados se encuentran muy similares a los encontrados por Reyes et al. (2020), que obtuvo 1,76 cm DAP/año, en los primeros años de crecimiento del árbol. Sin embargo, como ya se explicó, se dividió en dos grupos los árboles para determinar curvas de crecimiento que han logrado los árboles de rápido crecimiento, versus, los árboles que han logrado un crecimiento lento; así tenemos, que el IMA promedio final de los árboles de crecimiento rápidos fue de 2,06 cm DAP/año, alcanzando un valor máximo de 2,08 cm DAP/año en el año 10 de edad, mientras que los árboles de crecimiento lento alcanzaron un IMA de 1,61 cm DAP/año, alcanzando un máximo de 1,68 cm DAP/año en el año 9 de edad; estos valores nos indican que de que el crecimiento no es similar en todos los árboles instalados en una plantación forestal, y que esto se debe generalmente a los factores de competencia entre los árboles. Con el objetivo de analizar mejor el crecimiento desigual de los árboles se midió el ICA de ambos grupos, encontrándose que para los dos grupos se obtuvo un ICA muy similar hasta el año 6 de edad, tendiendo solo una pequeña diferencia de 0,17 cm DAP/año; sin embargo, luego de este año, se evidencia de manera explícita (Figura 7) que los árboles de crecimiento más acelerado, tienen ICA, superiores a los de crecimiento lento, siendo esta diferencia sostenida en los siguientes años de evaluación; este es un indicador de que es en el año 6 de edad donde empiezan las diferencias de crecimiento, debido generalmente por la competencia entre los árboles, lo que silviculturalmente se puede menguar, aplicando un tratamiento de raleo, considerando que la edad óptima para el raleo según los datos obtenidos en la evaluación sería el año 5 de edad. Reyes et al. (2020), evaluó plantaciones forestales

de *Pinus patula*, donde se aplicó raleos en el año 9, este raleo se aplicó luego de que el IMA descendió de 1,76 a 1,00 cm DAP/año, por lo que, según los investigadores, el efecto fue leve, mostrándose en el año 10 de edad; estos resultados nos indican que lo más apropiado es determinar de manera específica el momento en el que el ICA empieza a diferenciarse, para recomendar la aplicación de los raleos, y así lograr los efectos esperados.

En cuanto a las propiedades básicas, se cumplió con este objetivo específico, determinándose que la madera evaluada tiene en promedio una densidad básica de 0,39 g*cm⁻³ teniendo este valor una dispersión de 9,94 % de coeficiente de variabilidad, por lo que es muy aceptable, así también resalta su relación contracción tangencial – contracción radial, que fue de 1,41, lo cual lo ubica dentro de las maderas muy estables y trabajables, siendo óptimo su secado en cámara inclusive a altas temperaturas, estas dos propiedades físicas son las más importantes para el uso o aplicaciones de la madera; sin embargo, el resto de las propiedades físicas se muestran a detalle en la tabla 12. El valor de la densidad es muy similar al encontrado por Goche et al. (2023), quien obtuvo un valor de 0,38 g.cm⁻³, del mismo modo Castillo (2024), encontró un valor de 0,40 g.cm⁻³; por su parte Córdor y Pardo (2021), encontró una densidad básica mayor, de 0,45 g.cm⁻³, y una relación CT/CR de 1,62, la diferencia se debe a que los árboles evaluados por estos autores fueron de edad mayor (mayor a 30 años), lo que genera un mayor proceso de maduración o duraminización de la madera, lo que le confiere una mayor densidad, pero al mismo tiempo un comportamiento al secado menos estable. al comparar las propiedades físicas de los árboles según su crecimiento, se tuvo que la densidad básica es muy similar, encontrándose pequeñas diferencias de aproximadamente 0,01 g.cm⁻³, lo cual no es significativo; sin embargo, el valor más alto lo tiene la madera de los árboles de crecimiento lento. La disminución de la densidad conforme el árbol crece más rápido, lo explicó en su investigación García (2005), quien evaluó árboles de pino, estableciendo que, a mayor ancho de anillo, menor densidad básica.

En el cumplimiento del tercer objetivo y para responder el objetivo general de la investigación, se determinó la relación que existe entre crecimiento del árbol y sus propiedades físicas de la madera; para esto, se seleccionaron las propiedades físicas de densidad básica y relación contracción tangencias – contracción radial, estas propiedades se consideraron como la variable dependiente donde influyó el crecimiento del árbol; para el caso del crecimiento del árbol, se tomó como dato el IMA de cada árbol, en la tabla 14, se

muestran los datos de las variables que fueron sometidas a análisis de correlación. Para determinar la relación entre las variables, se realizó primero una prueba de normalidad, que de acuerdo al número de datos fue de Shapiro-Wilk, encontrándose que las tres variables tienen una distribución normal, por lo cual se aplicó la prueba de correlación de Pearson. En la tabla 15, se visualiza que la densidad tiene una ligera relación con el crecimiento, la cual es positiva o directa, pero muy baja, esto nos indica que el crecimiento no influye significativamente en la densidad básica. Sin embargo, en la relación CT/CR, hay una marcada influencia inversa, ya que, al incrementarse el crecimiento, la relación disminuye significativamente, lo que indica que la madera que crece más rápido es más estable, tal como lo estableció también García (2005) en su estudio realizado; los resultados obtenidos en el análisis de correlación, validan los resultados mostrados en la tabla 13.

Luego del análisis y discusión de los resultados obtenidos en la presente investigación, se establece que los resultados se encuentran alineados a la realidad problemática o línea de investigación por el tema, los resultados se han obtenido siguiendo rigurosamente la metodología planteada y el análisis estadístico necesario; al mismo tiempo se han comparado con el obtenido con otros autores, siendo estos muy similares a los de otros investigadores, que garantizan su fiabilidad. Por lo expuesto los resultados obtenidos en la presente investigación cumplen con los objetivos planteados, y dan respuesta a las preguntas de investigación que dieron inicio a la misma, por lo que se pueden redactar las conclusiones de la investigación de manera confiable.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinaron las curvas de crecimiento del árbol de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham; encontrándose que para el caso dasométrico este es de 1,74 cm DAP/año, mientras que dendrocronológicamente se determinó en 1,83 cm DAP/año, el máximo valor fue de 1,88 y lo obtuvo a la edad de 10 años. El ICA, tuvo un máximo valor de 4,02 cm DAP/año y lo alcanzó a los 6 años de edad.

Se determinaron las propiedades físicas de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham, encontrándose que la densidad básica fue de 0,39 g.cm⁻³, la densidad anhidra 0,43 g.cm⁻³, la densidad verde 0,79 g.cm⁻³, contracción radial fue de 4,41 %, contracción tangencial 5,79 %, contracción volumétrica 10,38 %, humedad máxima 105,59 % y una relación contracción tangencial – contracción radial de 1,41.

Se determinó la relación entre las propiedades físicas y el crecimiento diamétrico de los árboles de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham, obteniéndose que, para la propiedad física de densidad básica, existe una relación positiva o directa baja, con un índice de correlación de Pearson de 0,22, mientras que para la propiedad física relación contracción tangencial – contracción radial, existe una relación negativa o inversa alta con un índice de correlación de Pearson de -0,91

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a las instituciones que realizan plantaciones forestales o manejo de plantaciones forestales de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham, considerar la aplicación de tratamientos silviculturales como raleos para optimizar la producción de madera, y el mismo que debe darse en el año 5 o 6 de edad.

Se recomienda realizar estudios de crecimiento y su relación con propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham, en árboles de mayor edad, para establecer la relación, y de esta manera aplicar los tratamientos silviculturales adecuados para obtener una optimización en la producción de madera.

Se recomienda realizar este tipo de estudios en plantaciones forestales con otras especies que se usan a nivel local y regional, para mejorar el manejo silvicultural de las plantaciones con el objetivo de obtener madera de calidad en el menor tiempo posible.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becerra Montalvo, V.; & Zevallos-Pollito, P.A. (2013). Determinación del turno de corta de *Cedrela odorata* L., *Retrophyllum rospigliosii* Pilger y *Prumnopitys harmsiana* Pilger a través del estudio dendrocronológico en San Ignacio, Región Cajamarca-Perú. *El Ceprosimad*, 2(1): 96 -102.
https://www.researchgate.net/publication/265851654_DETERMINATION_OF_ROTATION_AGE_OF_cedrela_odorata_LRetrophyllum_rospigliosii_PILGER_Y_Prumnopitys_harmsiana_PILGER_TROUGH_A_DENDROCHRONOLOGICAL_ASS ESSMENT_IN_SAN_IGNACIO_REGION_CAJAMARCA-PERU
- Castillo Sosa, W.G. (2004). *Propiedades físico mecánicas del Pinus patula Schiede*. Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Chasquero Ocaña, J.A. (2019). *Determinación de funciones de ahusamiento y de volumen para Pinus patula Schiede ex Schltdl. et Cham por segmentos del fuste en Cajamarca – Perú*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/3617/T016_71882932_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cóndor Mango, J. A.; & Pardo Navarro, O.Y. (2021). *Caracterización de la anatomía, propiedades físicomecánicas y químicas de Pinus radiata D.Don y Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham. – Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP, Huancayo, Perú.
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7045/T010_73034415_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Domínguez Varas, J. C. (2014). *Evaluación de la influencia de la precipitación y temperatura en el crecimiento de Pinus patula y Pinus muricata en plantaciones de la Granja Porcon (Perú) a través de técnicas dendrocronológicas* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/882/K10-D65-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Fank, P.; Ramos, M.; Sosa Zitto, M. A. & Piter, J.C. (2019). *Influencia del anillo de crecimiento en las propiedades físico-mecánicas del pino resinoso argentino*. Congreso Latinoamerica de Estructuras de Madera. https://www.researchgate.net/profile/Pamela-Fank/publication/338409673_influencia_del_anillo_de_crecimiento_en_las_propiedades_fisico-mecanicas_del_pino_resinoso_argentino_growth_ring_influence_on_physical_and_mechanical_properties_of_argentinean_resinous_pine/links/5e1345e84585159aa4b4e3e0/influencia-del-anillo-de-crecimiento-en-las-propiedades-fisico-mecanicas-del-pino-resinoso-argentino-growth-ring-influence-on-physical-and-mechanical-properties-of-argentinean-resinous-pine.pdf
- García Vargas, A.N. (2005). *Contribución de las propiedades Físicas de la madera de Pinus greggii proveniente de dos plantaciones en Hidalgo* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. Biblioteca Digital UAEH. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/201/Contribucion%20de%20las%20propiedades%20fisicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Goche-Télles, J. R.; Carrillo-Parra, A.; Razo-Zarate, R.; Rodríguez-Laguna, R.; & Palacios-Mendoza, C. (2023). Propiedades físicas y biomasa fustal de *Pinus engelmannii* proveniente de una plantación en Durango. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1): 1-13. <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/3004/1642>
- INACAL. (2015). *Normas Técnicas Peruanas de Madera*. Centro de Información y Documentación. <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/prensa/files/MADERA.pdf>
- Jiménez (2021). *Dendrocronología*. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- López Varas, B. J. (2021). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera “quinilla” Manilkara bidentata como material de construcción en estado verde, Iquitos 2019* [Tesis de Pregrado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional UCP. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1269/BRUCE%20JERSON%20L%c3%93PEZ%20VARAS%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Márquez-Carrero, G.; Valero, S. W.; León-Hernández, W. J.; Gutiérrez-Gotera, I. J.; & Maldonado-Rangel, J. C. (2022). Variabilidad de densidad en sentido radial y dentro de un anillo de crecimiento en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 25 años de edad. *Revista Tecnología en Marcha*, 35(2): 115–124. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/5866/5840
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Línea de base de especies forestales (Pinus sp. y Eucalyptus sp.) con fines de bioseguridad*. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, Dirección General de Diversidad Biológica. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/07/LB_-Forestales.pdf.
- Morgado-González, G.; Gómez-Guerrero, A.; Villanueva-Díaz, J.; Terrazas, T.; Ramírez-Herrera, C.; & Hernández de la Rosa, P. (2019). Densidad de la madera de *Pinus hartwegii* Lind. en dos niveles altitudinales y de exposición. *Agrociencia*, 53(4): 645-660. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1834/1831>
- Ortega Rodríguez, D.R. (2014). *Evaluación de la influencia del raleo en el crecimiento de Pinus pátula Schl. Et Cham. aplicando técnicas dendrocronológicas en plantaciones de Cajamarca – Perú* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/867/K10-O7-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ospina Penagos, C. M.; Hernández Restrepo, R.J.; Rincón, E.A.; Sánchez Ocampo, F.A.; Urrego Mesa, J.B.; Rodas Peláez, C.A.; Ramírez Cardona, C.A; & Riaño Herrera, N.M. (2011). *Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana: El Pino pátula. Pinus patula (Schiede and Deppe in Schlecht. & Cham)*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE). Editorial Blanecolor S.A.S., Manizales, Colombia.
- Ramírez Ramírez, K.M. (2019). *Etapas de crecimiento, incremento corriente anual e incremento medio anual de Prunus serotina Mcvaugh mediante dendrocronología, en los Distritos de Pilcomayo y Huamancaca Chico*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5282/T010_43727719_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Reyes-Cortés, Luz Ma., Vargas-Hernández, J. Jesús, Aldrete, Arnulfo, & Honorato-Salazar, J. Amador. (2020). Crecimiento radial y conicidad del fuste en plantaciones con aclareo de *Pinus patula* SCHIEDE ex SCHLECHTENDAL & CHAMISSO. *Revista fitotecnica mexicana*, 43(2), 205-214. Epub 24 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.2.205>
- Riesco Muñoz, G.; & J. Díaz González. (2007). Características físicas de la madera de pino procedente de raleos en el Noroeste de España. *Maderas Ciencia y Tecnología*, 9(3): 233–244. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2007000300004
- Rozas, C.; Montero, C. (2020). Modelo matemático para predecir las propiedades físicas en madera de *Eucalyptus nitens* para diferentes alturas y edades del árbol. *Ciencia Forestal*, 30 (4): 980-994. <https://www.scielo.br/j/cflo/a/ryVDfhNmVch633ydF3pqbQt/?format=html#>
- Trópicos. (2023). *Pinus patula Schtdl. & Cham.* Trópicos.org. <https://www.tropicos.org/name/24900369>
- Urbina Ramos, L.R. (2017). *Propiedades mecánicas de la madera de raleo procedente de plantaciones de cuatro años de Guazuma crinita martius (bolaina blanca) - Huánuco* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2703/K50-U7-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vallejo, A.; & Zapata, F. (2018). *Pino pátula*. Forestal Maderero. <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/pino-patula.html>
- Vasquez-Miñope, C.; Sulca-Gamboa, K.; & Cuellar-Bautista, E. (2023). Crecimiento, productividad e índices silviculturales en plantaciones juveniles de *Tectona grandis* L. f. en Perú. *Colombia Forestal*, 26(1), 79-91. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v26n1/0120-0739-cofo-26-01-79.pdf>
- Vega Britez G. D.; Elias Dacosta, L. P.; Velázquez Duarte, J. A.; Lesmo Duarte, N. D.; & Agüero Ferreira, M. A. (2019). Propiedades físicas de la madera de *Pinus taeda* en el Distrito de Pedro Juan Caballero, Paraguay. *Quebracho*, 27(1,2): 37- 46.

https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Vega-Britez/publication/355940600_Propiedades_fisicas_de_la_madera_de_Pinus_taeda_en_el_Distrito_de_Pedro_Juan_Caballero_Paraguay/links/618cf46c3068c54fa5cde994/Propiedades-fisicas-de-la-madera-de-Pinus-taeda-en-el-Distrito-de-Pedro-Juan-Caballero-Paraguay.pdf

Vignote Peña, S.; & Martínez Rojas, I. (2006). *Tecnología De La Madera* (3ra ed.). Ediciones Mundi-Prensa. <https://tecno1di.files.wordpress.com/2016/03/madera.pdf>

Vinueza, M. (2013). *Ficha Técnica No. 14 Pino (Pinus Patula)*. Ecuador Forestal. <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-14-pino-pinus-patula/>

Yoza, L.; Baradit, E.; & Acevedo, M. (2015). Caracterización de las propiedades físico mecánicas de especies, pino (*Pinus patula*) y tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) provenientes del Perú utilizando técnicas no destructivas. *Anales Científicos*, 76(1): 12–16. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/758/726>

CAPÍTULO VII

ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia de la investigación

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General: ¿Cómo varían las propiedades físicas de la madera según el crecimiento de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Cham en plantaciones en Chachapoyas, Amazonas 2020?</p>	<p>General: Determinar la variación de las propiedades físicas de la madera según el crecimiento de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Cham en plantaciones en Chachapoyas, Amazonas 2020.</p>		<p>Independiente</p>	<p>Crecimiento diamétrico:</p> <p>A través de técnicas dendrocronológicas.</p>
	<p>Específico 01: Establecer las curvas de crecimiento de los árboles de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Cham de plantaciones en Chachapoyas a través de técnicas dendrocronológicas.</p>	<p>General: Las propiedades físicas de la madera de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Cham disminuyen y desmejoran, conforme mayor sea el crecimiento diamétrico del árbol.</p>	<p>Crecimiento diamétrico del árbol de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Chaml.</p>	<p>Propiedades Físicas:</p> <p>a través de la metodología establecida en cada Norma Técnica Peruana para las propiedades físicas.</p>
	<p>Específico 02: Determinar las propiedades físicas de la madera de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Cham de plantaciones en Chachapoyas.</p>		<p>Dependiente</p> <p>Propiedades físicas de la madera de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Chaml</p>	
	<p>Específico 03: Relacionar el crecimiento diamétrico de los árboles de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Cham con las propiedades físicas de su madera.</p>			

Anexo 2. Datos dendrocronológicos obtenidos de los árboles evaluados

Probeta A38

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	7800,78	7730,97	9204,48	9451,23	8546,87	0,85	1,71	1,71
2	8927,19	7341,45	7796,3	10718,29	8695,81	0,87	1,74	3,45
3	21887,16	20959,06	18723,6	22060,55	20907,59	2,09	4,18	7,63
4	17712,7	14822,53	14130,18	15913,10	15644,63	1,56	3,13	10,76
5	11288,32	10463,55	10952,16	13925,64	11657,42	1,17	2,33	13,09
6	7703,45	7389,96	8729,87	8956,86	8195,04	0,82	1,64	14,73
7	9452,13	8953,83	8421,49	8026,58	8713,51	0,87	1,74	16,47
8	4886,31	5606,89	3691,41	4706,15	4722,69	0,47	0,94	17,42
9*	2042,87	3144,53	1732,72	1883,37	2200,87	0,22	0,44	17,86
Total	91700,91	86412,77	83382,21	95641,77	89284,42	8,93	17,86	

Probeta A23

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	5768,77	6596,23	5849,88	6182,50	6099,35	0,61	1,22	1,22
2	11565,47	8923,58	10434,51	9485,70	10102,32	1,01	2,02	3,24
3	22064,62	22061,64	18806,08	24423,34	21838,92	2,18	4,37	7,61
4	15226,28	16352,36	12901,09	17536,01	15503,94	1,55	3,10	10,71
5	11730,80	11154,18	9455,35	12522,96	11215,82	1,12	2,24	12,95
6	10699,93	10595,51	7661,54	9424,13	9595,28	0,96	1,92	14,87
7	7780,35	7643,77	6485,66	6172,82	7020,65	0,70	1,40	16,28
8	5594,03	4931,39	4737,11	4373,26	4908,95	0,49	0,98	17,26
9*	1500,43	2976,63	3759,66	2615,53	2713,06	0,27	0,54	17,80
Total	91930,68	91235,29	80090,88	92736,25	88998,28	8,90	17,80	

Probeta A72

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	12085,23	11913,12	13060,13	13094,32	12538,20	1,25	2,51	2,51
2	14963,04	13310,19	17050,55	12944,37	14567,04	1,46	2,91	5,42
3	19699,50	15874,39	19031,51	34544,14	22287,39	2,23	4,46	9,88
4	21366,45	17029,53	16046,26	23115,47	19389,43	1,94	3,88	13,76
5	15505,85	11887,68	15586,69	16944,23	14981,11	1,50	3,00	16,75
6	14536,09	12753,45	12284,53	17716,10	14322,54	1,43	2,86	19,62
7	15928,75	12323,96	14329,78	15867,04	14612,38	1,46	2,92	22,54
8	16116,34	9754,49	8905,49	14122,34	12224,67	1,22	2,44	24,98
9*	8027,45	6350,65	5626,71	10592,93	7649,44	0,76	1,53	26,51
Total	138228,7	111197,46	121921,65	158940,94		13,26	26,51	

Probeta A1

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	10399,24	10848,51	10484,21	10119,72	10462,92	1,05	2,09	2,09
2	16132,39	16521,53	16719,78	16412,58	16446,57	1,64	3,29	5,38
3	17239,32	20797,92	22839,38	16931,69	19452,08	1,95	3,89	9,27
4	13287,38	17752,04	19127,08	16690,10	16714,15	1,67	3,34	12,62
5	15746,04	12899,68	14576,89	14781,63	14501,06	1,45	2,90	15,52
6	13846,32	11878,04	15680,42	12063,91	13367,17	1,34	2,67	18,19
7	7307,10	5050,17	8666,48	5047,51	6517,82	0,65	1,30	19,49
8	6715,26	4819,59	7967,10	5079,72	6145,42	0,61	1,23	20,72
9*	5064,01	6469,52	6709,51	4885,30	5782,09	0,58	1,16	21,88
Total	105737,06	107037,00	122770,85	102012,16		10,94	21,88	

Probeta A54

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	9401,54	7780,39	8728,67	9497,51	8852,03	0,89	1,77	1,77
2	10226,55	8992,95	7241,73	8902,87	8841,03	0,88	1,77	3,54
3	22845,24	23755,35	19113,76	23308,15	22255,63	2,23	4,45	7,99
4	15340,11	19114,47	13639,03	16485,36	16144,74	1,61	3,23	11,22
5	14305,50	8708,73	8379,91	8949,07	10085,80	1,01	2,02	13,24
6	9044,77	8925,56	8312,19	8450,44	8683,24	0,87	1,74	14,97
7	7018,07	8755,64	9754,89	7960,71	8372,33	0,84	1,67	16,65
8	4915,21	5125,29	4808,42	4247,47	4774,10	0,48	0,95	17,60
9*	2120,86	2937,24	1623,46	1295,28	1994,21	0,20	0,40	18,00
Total	95217,85	94095,62	81602,06	89096,86		9,00	18,00	

Probeta A58

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	8543,41	9493,19	9331,88	9941,81	9327,57	0,93	1,87	1,87
2	13674,38	14903,63	15474,93	14023,56	14519,13	1,45	2,90	4,77
3	17311,06	16398,24	13550,30	16485,07	15936,17	1,59	3,19	7,96
4	13675,37	14858,97	11601,62	15073,05	13802,25	1,38	2,76	10,72
5	10088,24	10621,44	11018,04	9905,50	10408,31	1,04	2,08	12,80
6	11341,46	11084,25	13855,25	11672,11	11988,27	1,20	2,40	15,20
7	9039,90	7728,23	11143,77	10380,54	9573,11	0,96	1,91	17,11
8	7068,04	4279,82	8221,50	7423,21	6748,14	0,67	1,35	18,46
9*	4211,23	3786,66	4744,47	4132,52	4218,72	0,42	0,84	19,30
Total	94953,09	93154,43	98941,76	99037,37		9,65	19,30	

Probeta A70

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	10238,93	10017,05	9320,84	9169,18	9686,50	0,97	1,94	1,94
2	10246,67	11546,44	10986,02	11364,92	11036,01	1,10	2,21	4,14
3	14130,49	19578,73	18857,22	16732,52	17324,74	1,73	3,46	7,61
4	14051,59	18861,87	18835,14	15187,58	16734,05	1,67	3,35	10,96
5	10088,60	11804,30	12118,08	11533,51	11386,12	1,14	2,28	13,23
6	10665,80	12394,98	12733,90	12123,61	11979,57	1,20	2,40	15,63
7	5239,16	9080,88	7176,81	11261,97	8189,71	0,82	1,64	17,27
8	4658,22	2066,63	1162,73	1897,91	2446,37	0,24	0,49	17,76
9*	3155,04	3223,69	2727,10	2097,66	2800,87	0,28	0,56	18,32
Total	82474,5	98574,57	93917,84	91368,86		9,16	18,32	

Probeta A42

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	9700,58	9330,39	9224,41	9560,72	9454,03	0,95	1,89	1,89
2	15417,14	16071,96	16342,53	13937,98	15442,40	1,54	3,09	4,98
3	24493,98	21326,99	17643,86	23884,25	21837,27	2,18	4,37	9,35
4	18846,63	17258,44	17333,42	21373,83	18703,08	1,87	3,74	13,09
5	21808,16	15456,92	17121,96	18035,58	18105,66	1,81	3,62	16,71
6	18830,02	12936,45	14224,26	14299,80	15072,63	1,51	3,01	19,72
7	19481,38	14348,34	8826,88	12854,37	13877,74	1,39	2,78	22,50
8	13709,34	11186,58	6649,03	9063,41	10152,09	1,02	2,03	24,53
9*	10753,39	5712,01	3910,51	6674,85	6762,69	0,68	1,35	25,88
Total	153040,62	123628,08	111276,86	129684,79		12,94	25,88	

Probeta A2

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	6429,42	7265,76	7537,73	7230,73	7115,91	0,71	1,42	1,42
2	10335,53	9343,94	10657,48	11173,02	10377,49	1,04	2,08	3,50
3	14011,73	16753,66	19310,93	18381,57	17114,47	1,71	3,42	6,92
4	13006,01	21839,95	18781,8	22458,22	19021,50	1,90	3,80	10,73
5	12146,87	13909,88	17309,26	17620,20	15246,55	1,52	3,05	13,78
6	9363,20	13122,26	18332,99	13089,93	13477,10	1,35	2,70	16,47
7	10546,63	14906,98	15629,83	13925,42	13752,22	1,38	2,75	19,22
8	6376,90	8829,29	9202,30	8487,28	8223,94	0,82	1,64	20,87
9*	5100,81	5747,63	4373,74	3725,37	4736,89	0,47	0,95	21,81
Total	87317,1	111719,35	121136,06	116091,74		10,91	21,81	

Probeta A50

Anillo	Radio del anillo (um)					Radio promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Diámetro acumulado (cm)
	R1	R2	R3	R4	Promedio			
1	8417,50	8870,12	8110,46	8388,66	8446,69	0,84	1,69	1,69
2	16697,05	17657,43	15467,54	15642,71	16366,18	1,64	3,27	4,96
3	21978,98	23134,83	20488,20	21595,12	21799,28	2,18	4,36	9,32
4	17626,12	20354,84	15676,17	19588,82	18311,49	1,83	3,66	12,98
5	14843,37	10512,93	11502,11	14733,47	12897,97	1,29	2,58	15,56
6	13743,49	12643,18	12538,55	13352,40	13069,41	1,31	2,61	18,18
7	13528,79	10332,47	9317,93	12895,83	11518,76	1,15	2,30	20,48
8	11094,53	9357,67	5241,43	9576,37	8817,50	0,88	1,76	22,25
9*	7745,39	5977,07	4711,62	4262,56	5674,16	0,57	1,13	23,38
Total	125675,22	118840,54	103054,01	120035,94	116901,43	11,69	23,38	

Anexo 3. Inventario forestal de la PPM de donde se extrajeron las muestras

N° Árbol	DAP (m)	Altura fuste (m)	CAP (cm)	AB (m2)	Vol (m3)	Observaciones
1	0,2117	7,50	66,50	0,035	0,135	
2	0,2435	8,00	76,50	0,047	0,190	2,30 m Bifurcado
3	0,2594	8,20	81,50	0,053	0,221	
4	0,2037	8,00	64,00	0,033	0,133	
5	0,2133	7,50	67,00	0,036	0,137	3,00 m Torcido
6	0,2308	8,00	72,50	0,042	0,171	Bifurcado desde la base
7	0,2562	9,50	80,50	0,052	0,250	7,00 m Bifurcado
8	0,2674	8,50	84,00	0,056	0,243	4,00 m Bifurcado
9	0,2610	10,00	82,00	0,054	0,273	
10	0,2165	8,00	68,00	0,037	0,150	
11	0,2133	7,00	67,00	0,036	0,128	
12	0,1894	8,00	59,50	0,028	0,115	3,50 m Bifurcado
13	0,2944	10,00	92,50	0,068	0,347	
14	0,2801	12,00	88,00	0,062	0,377	
15	0,2324	7,50	73,00	0,042	0,162	
16	0,2451	9,00	77,00	0,047	0,217	3,00 m Bifurcado
17	0,2524	10,00	79,30	0,050	0,255	
18	0,2015	8,50	63,30	0,032	0,138	3,50 m Bifurcado
19	0,1547	7,50	48,60	0,019	0,072	
20	0,1894	7,50	59,50	0,028	0,108	
21	0,2196	8,00	69,00	0,038	0,155	
22	0,2024	8,50	63,60	0,032	0,140	
23	0,1910	8,00	60,00	0,029	0,117	1,50 m Torcido
24	0,1592	7,50	50,00	0,020	0,076	
25	0,3107	10,00	97,60	0,076	0,387	
26	0,2190	9,00	68,80	0,038	0,173	Base 4 Bifurcaciones
27	0,2486	9,50	78,10	0,049	0,235	
28	0,2900	9,00	91,10	0,066	0,303	6,50 m Bifurcado
29	0,2005	7,50	63,00	0,032	0,121	
30	0,2642	10,00	83,00	0,055	0,280	
31	0,1751	6,50	55,00	0,024	0,080	
32	0,2327	9,50	73,10	0,043	0,206	
33	0,1910	6,50	60,00	0,029	0,095	4,00 m Torcido
34	0,2206	10,00	69,30	0,038	0,195	
35	0,2897	9,50	91,00	0,066	0,319	5,50 m Bifurcado
36	0,1881	9,50	59,10	0,028	0,135	
37	0,0525	4,50	16,50	0,002	0,005	Enfermo
38	0,2696	9,50	84,70	0,057	0,277	
39	0,2597	10,00	81,60	0,053	0,270	
40	0,2101	7,50	66,00	0,035	0,133	
41	0,2960	10,00	93,00	0,069	0,351	

42	0,1833	9,50	57,60	0,026	0,128	
43	0,2257	9,50	70,90	0,040	0,194	
44	0,1989	10,00	62,50	0,031	0,159	
45	0,2849	10,00	89,50	0,064	0,325	2,30 m Bifurcado
46	0,2184	9,50	68,60	0,037	0,181	
47	0,3002	10,00	94,30	0,071	0,361	
48	0,2190	9,00	68,80	0,038	0,173	
49	0,2546	10,00	80,00	0,051	0,260	3,00 m Bifurcado
50	0,2228	10,50	70,00	0,039	0,209	
51	0,2823	9,00	88,70	0,063	0,287	
52	0,2263	8,50	71,10	0,040	0,174	
53	0,1821	9,50	57,20	0,026	0,126	Base 4 Bifurcaciones
54	0,2648	11,00	83,20	0,055	0,309	
55	0,2250	9,00	70,70	0,040	0,183	
56	0,2009	8,50	63,10	0,032	0,137	
57	0,2206	9,50	69,30	0,038	0,185	
58	0,2174	8,00	68,30	0,037	0,151	
59	0,2228	7,50	70,00	0,039	0,149	
60	0,2101	6,50	66,00	0,035	0,115	1,70 m Bifurcado
61	0,2298	7,00	72,20	0,041	0,148	
62	0,2219	7,50	69,70	0,039	0,148	2,00 m Sumiso
63	0,1856	8,50	58,30	0,027	0,117	
64	0,2387	9,50	75,00	0,045	0,217	5,50 m Bifurcado
65	0,2021	10,50	63,50	0,032	0,172	
66	0,2075	9,00	65,20	0,034	0,155	2,00 m Bifurcado
67	0,3145	11,50	98,80	0,078	0,456	
68	0,2467	9,00	77,50	0,048	0,219	
69	0,1528	9,50	48,00	0,018	0,089	Base Bifurcado
70	0,2467	9,50	77,50	0,048	0,232	3,50 m Bifurcado
71	0,2375	9,50	74,60	0,044	0,215	3,00 m Bifurcado

Anexo 4. Datos de evaluación de probetas para propiedades físicas

Datos de probetas en estado húmedo

Código	Radial			Radial promedio	Tangencial			Tangencial promedio	Longitudinal	Peso
	1	2	3		1	2	3			
P - 1	26,87	26,78	26,61	26,75	27,70	27,74	27,59	27,68	71,23	43,85
P - 2	27,20	27,39	27,39	27,33	27,56	27,46	27,64	27,55	88,92	59,81
P - 3	26,83	26,90	26,82	26,85	26,34	26,63	26,76	26,58	86,68	50,63
P - 4	26,26	26,34	26,20	26,27	26,01	26,22	26,48	26,24	81,52	48,30
P - 5	25,08	24,09	24,61	24,59	27,22	27,33	27,29	27,28	75,02	36,49
P - 6	26,95	26,85	26,63	26,81	27,01	26,61	26,73	26,78	83,97	47,35
P - 7	27,05	26,97	26,85	26,96	27,08	27,24	27,14	27,15	83,27	40,77
P - 8	25,08	25,35	25,24	25,22	26,46	26,45	26,59	26,50	86,44	43,44
P - 9	27,52	27,45	27,22	27,40	27,79	27,76	27,68	27,74	84,75	49,55
P - 10	25,78	25,90	26,28	25,99	24,81	25,01	25,19	25,00	84,41	40,72
P - 11	27,46	27,44	27,51	27,47	27,90	27,60	27,50	27,67	88,26	51,94
P - 12	25,75	25,65	26,05	25,82	26,74	26,54	26,12	26,47	82,88	45,91
G - 1	26,36	26,82	27,24	26,81	26,89	26,98	26,89	26,92	74,01	38,40
G - 2	26,15	26,18	26,31	26,21	27,41	27,39	27,19	27,33	73,09	46,52
G - 3	26,78	27,52	27,57	27,29	26,85	27,00	26,72	26,86	94,38	61,95
G - 4	28,75	28,05	27,17	27,99	26,71	26,67	26,81	26,73	93,56	52,90
G - 5	26,63	26,68	26,71	26,67	28,73	27,63	26,45	27,60	96,14	65,77
G - 6	25,81	25,20	25,07	25,36	26,89	26,93	26,97	26,93	99,25	49,13
G - 7	27,38	27,30	27,46	27,38	26,03	26,11	26,24	26,13	95,70	51,33
G - 8	25,94	26,08	26,12	26,05	27,50	27,63	27,75	27,63	93,70	58,63
G - 9	26,15	26,28	26,57	26,33	27,71	27,53	27,51	27,58	98,59	62,04
G - 10	26,10	26,19	26,13	26,14	27,59	27,52	27,61	27,57	96,76	48,96
G - 11	26,46	26,33	26,18	26,32	27,55	27,47	27,68	27,57	98,75	57,18
G - 12	26,30	26,45	26,59	26,45	28,28	27,53	26,83	27,55	84,25	43,75

Datos de probetas en estado seco

Código	Radial			Radial promedio	Tangencial			Tangencial promedio	Longitudinal	Peso
	1	2	3		1	2	3			
P - 1	26,10	26,00	25,97	26,02	26,17	26,16	26,15	26,16	70,76	21,87
P - 2	26,08	26,28	26,38	26,25	25,58	25,51	25,58	25,56	88,42	27,50
P - 3	25,62	25,80	25,62	25,68	24,62	24,65	24,93	24,73	86,39	25,20
P - 4	25,20	25,21	25,29	25,23	24,02	24,37	25,29	24,56	81,36	23,31
P - 5	23,88	23,25	23,68	23,60	26,29	26,30	26,20	26,26	74,75	20,79
P - 6	25,67	25,69	25,70	25,69	25,78	25,71	25,50	25,66	83,52	22,75
P - 7	25,96	25,80	25,77	25,84	25,31	25,10	25,97	25,46	82,76	20,51
P - 8	24,17	24,07	24,16	24,13	24,80	24,77	24,23	24,60	86,14	21,05
P - 9	26,02	25,98	25,96	25,99	26,50	26,51	26,47	26,49	84,25	23,32
P - 10	24,92	25,02	25,39	25,11	23,26	23,40	23,53	23,40	83,93	20,79
P - 11	26,18	26,15	26,16	26,16	26,07	25,78	25,85	25,90	87,69	23,10
P - 12	24,89	24,78	24,80	24,82	24,72	24,42	24,19	24,44	82,52	22,64
G - 1	24,69	24,93	25,36	24,99	25,85	25,79	25,78	25,81	73,55	18,22
G - 2	24,46	24,98	25,10	24,85	25,82	25,72	25,71	25,75	72,79	17,86
G - 3	25,90	26,02	26,04	25,99	25,47	26,12	26,88	26,16	94,17	31,09
G - 4	27,16	26,42	25,85	26,48	25,73	25,80	25,74	25,76	93,04	25,82
G - 5	25,30	25,05	25,44	25,26	26,65	25,76	24,85	25,75	95,95	34,32
G - 6	24,15	23,99	23,81	23,98	25,22	25,19	25,50	25,30	98,66	23,34
G - 7	25,52	25,70	25,64	25,62	25,18	25,17	25,21	25,19	95,18	25,52
G - 8	24,94	25,05	25,12	25,04	25,72	25,69	25,74	25,72	93,13	28,13
G - 9	25,04	25,24	25,61	25,30	25,63	25,52	25,51	25,55	98,21	30,55
G - 10	25,29	25,40	25,37	25,35	25,69	25,67	25,90	25,75	96,45	23,66
G - 11	25,47	25,35	25,23	25,35	25,51	25,48	25,71	25,57	98,33	26,57
G - 12	25,59	25,56	25,55	25,57	26,95	25,88	24,92	25,92	83,58	25,60

Resumen de propiedades físicas de la madera

Código árbol	Estadístico	Densidad básica	Densidad anhidra	Densidad verde	Contracción longitudinal	Contracción tangencial	Contracción radial	Contracción volumétrica	Relación ct/cr	Max. Contenido de humedad
A23	X	0,41	0,46	0,86	0,61	6,36	3,34	10,04	1,92	109,00
	C.V.	0,67	1,49	5,08	11,29	19,63	25,90	19,35	6,43	11,02
A58	X	0,41	0,46	0,84	0,27	6,66	4,15	10,77	1,61	104,06
	C.V.	1,29	0,47	3,47	36,84	5,79	7,22	6,82	1,44	4,28
A50	X	0,40	0,43	0,76	0,45	3,95	4,11	8,31	0,96	91,82
	C.V.	6,40	5,82	5,65	27,79	8,13	2,83	6,41	5,31	25,12
A1	X	0,37	0,41	0,76	0,58	5,47	4,26	10,03	1,39	104,17
	C.V.	3,25	3,36	2,50	2,60	24,84	29,43	1,00	52,36	11,28
A70	X	0,37	0,42	0,79	0,54	7,02	4,30	11,50	1,66	113,82
	C.V.	10,53	10,67	3,25	27,68	12,69	14,94	1,04	27,38	13,71
A42	X	0,41	0,45	0,83	0,39	3,12	5,09	8,41	0,61	102,07
	C.V.	13,93	12,48	11,98	60,56	23,43	8,76	15,92	14,82	3,89
A23	X	0,41	0,47	0,83	0,40	6,37	5,36	11,74	1,19	101,07
	C.V.	23,96	24,07	17,47	70,85	7,34	1,88	0,84	9,22	13,19
A72	X	0,39	0,44	0,81	0,58	5,26	5,15	10,68	1,17	104,78
	C.V.	7,95	8,57	10,46	7,98	44,61	35,00	5,18	73,84	4,92
A38	X	0,38	0,43	0,78	0,35	6,98	3,47	10,53	2,03	105,00
	C.V.	16,13	17,41	14,82	13,03	7,69	18,88	11,07	11,27	2,60
A54	X	0,39	0,44	0,76	0,61	6,59	3,51	10,42	1,87	93,05
	C.V.	8,31	7,29	7,97	42,86	14,36	7,45	8,78	6,95	33,67

Anexo 5. Procesamiento estadístico de datos con SPSS V25

Explorar

Resumen de procesamiento de casos

	Casos Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
IMA	10	100.0%	0	0.0%	10	100.0%
Densidad básica	10	100.0%	0	0.0%	10	100.0%
Relación CT/CR	10	100.0%	0	0.0%	10	100.0%

Descriptivos

		Estadístico	Desv. Error	
IMA	Media	183.4000	8.50386	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	164.1629	
		Límite superior	202.6371	
	Media recortada al 5%	182.4444		
	Mediana	178.0000		
	Varianza	723.156		
	Desv. Desviación	26.89155		
	Mínimo	157.00		
	Máximo	227.00		
	Rango	70.00		
	Rango intercuartil	47.75		
	Asimetría	.638	.687	
	Curtosis	-1.124	1.334	
Densidad básica	Media	39.4000	.52068	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	38.2221	
		Límite superior	40.5779	
	Media recortada al 5%	39.4444		
	Mediana	39.5000		
	Varianza	2.711		
	Desv. Desviación	1.64655		
	Mínimo	37.00		
	Máximo	41.00		
	Rango	4.00		
	Rango intercuartil	3.25		
	Asimetría	-.433	.687	
	Curtosis	-1.471	1.334	
Relación CT/CR	Media	144.1000	14.52159	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	111.2499	
		Límite superior	176.9501	
	Media recortada al 5%	145.4444		
	Mediana	150.0000		
	Varianza	2108.767		
	Desv. Desviación	45.92131		
	Mínimo	61.00		
	Máximo	203.00		
	Rango	142.00		
	Rango intercuartil	76.50		
	Asimetría	-.448	.687	
	Curtosis	-.659	1.334	

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IMA	.217	10	.200*	.862	10	.081
Densidad básica	.234	10	.127	.845	10	.050
Relación CT/CR	.144	10	.200*	.956	10	.741

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Correlaciones

Estadísticos descriptivos

	Media	Desv. Desviación	N
IMA	183.4000	26.89155	10
Densidad básica	39.4000	1.64655	10

Correlaciones

		IMA	Densidad básica
IMA	Correlación de Pearson	1	.222
	Sig. (bilateral)		.538
	N	10	10
Densidad básica	Correlación de Pearson	.222	1
	Sig. (bilateral)	.538	
	N	10	10

Estadísticos descriptivos

	Media	Desv. Desviación	N
IMA	183.4000	26.89155	10
Relación CT/CR	144.1000	45.92131	10

Correlaciones

		IMA	Relación CT/CR
IMA	Correlación de Pearson	1	-.906**
	Sig. (bilateral)		.000
	N	10	10
Relación CT/CR	Correlación de Pearson	-.906**	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Anexo 6. Análisis de suelo de la PPM, de donde se obtuvo las muestras

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		INFORME DE ENSAYO N° 283	

1. DATOS :

Solicitante : MIKIO YOSEY GONZALES ACOSTA

Departamento : AMAZONAS
Provincia : CHACHAPOYAS
Distrito : SONCHE

Caserío : NUEVO OLMAL
N. Parcela :
Cod. Muestra : 283
Fecha : 23/05/23

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺ meq/100g	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
283	NUEVO OLMAL	4,73	0,01	18,06	28,31	3,25	5,60	0,28	74,0	10,0	16,0	Fr.A.	6,40	1,55	0,50	0,05	0,21	0,97	3,28	2,31	36

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franco ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.

Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG

M. Sc. JESÚS RAYÁN CARRIOS
RESPONSABLE
RESPONSABLE DE LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS - LABISAG

Tec. Eider Chicupe Vela
RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS
RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

Recibi Conforme:

Nombre:
DNI:
Fecha y Hora:

Firma de Conformidad

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELO

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrometro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión en el suelo: agua relación 1:1.
4. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. % M.O. = %CX1.724.
5. Fósforo disponible: método de Olsen modificado, extracción con $\text{NaHCO}_3=0.5\text{M}$, pH 8.5.
6. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N, pH 7.0
7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N; pH 7.0
8. Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$) N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de emisión atómica.
9. $\text{Al}^{+3}+\text{H}^+$: método de Yuan: extracción con KCl, N.

Equivalencias:

1 ppm = 1 mg/kilogramo
 1 millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
 1 miliequivalente / 100g = 1 cmol (+)/kg
 Sales solubles totales (TDS) en ppm o mg/kg = 640xCEes
 CE (1:1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad		Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas		
clasificación del suelo	CE(es)	Clasificación %	ppm P	ppm K	Clasificación	k/Mg	Ca/Mg
*muy ligeramente salino	<2	*bajo <2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2-0.3	5-9
*ligeramente salino	2 - 4	*medio 2-4	7.0-14.0	100-240	*defc. Mg	>0.5	
*moderadamente salino	4-8	*alto >4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2	
*fuertemente salino	>8				*defc. Mg		>10

Reacción o pH		CLASES TEXTURALES		Distribución de cationes %	
clasificación del suelo	pH	A = arena	Fr.Ar.A = franco arcillo arenoso	Ca ⁺²	= 60-75
*fuertemente ácido	<5.5	A.Fr = arena franca	Fr.Ar = franco arcilloso	Mg ⁺²	= 15-20
*moderadamente ácido	5.6-6.0	Fr.A = franco arenoso	Fr.Ar.L = franco arcillo limoso	K ⁺	= 3-7
*ligeramente ácido	6.1-6.5	Fr. = franco	Ar.A = arcillo arenoso	Na ⁺	= <15
*neutro	7.0	Fr.L. = franco limoso	Ar.L = arcillo limoso		
*ligeramente alcalino	7.1-7.8	L = limoso	Ar. = arcilloso		
*moderadamente alcalino	7.9-8.4				
*fuertemente alcalino	>8.5				

Anexo 7. Panel fotográfico de la implementación de la investigación



Foto 1. Plantación de pino en la PPM, distrito de Sonche, Chachapoyas



Foto 2. Calicata realizada para estudio de suelo del PPM, de donde se obtuvo la muestra de suelo



Foto 3. Probetas obtenidas de campo, sin procesamiento



Foto 4. Probetas obtenidas de campo, procesadas para el análisis dendrocronológico



Foto 5. Detección de los anillos de crecimiento, usando estereoscopio con cámara incorporada, para el estudio dendrocronológico



Foto 6. Procesamiento de las imágenes para obtener datos dendrocronológicos usando el software AmScope



Foto 7. Obtención de probetas para ensayos de propiedades físicas, sobresaturación de las probetas



Foto 8. Medición de probetas para calcular las propiedades físicas de la madera

Anexo 8. Ficha SNIP del proyecto de reforestación de donde se obtuvieron las muestras

15/11/24, 10:07

of5.mef.gob.pe/invierte/formato/verFichaSNIP/27122/0/0

Código SNIP del PROYECTO:

27122

Fecha de registro en el BP: 05/12/2005 06:05:18 a.m.

Estado: ACTIVO

Nivel Min. Recomend. DPI:

Estado de Viabilidad: VIABLE DOCUMENTOS DE VIABILIDAD REGISTROS EN LA FASE DE INVERSION

**FORMATO SNIP-03:
FICHA DE REGISTRO - BANCO DE PROYECTOS**
[La información registrada en el Banco de Proyectos tiene carácter de Declaración Jurada]

Fecha de la última actualización: 14/11/2017

1. IDENTIFICACIÓN

1.1 Código SNIP del Proyecto de Inversión Pública: **27122**

1.2 Nombre del Proyecto de Inversión Pública: REFORESTACIÓN Y FORESTACION DE LAS CUENCAS ALTOANDINAS Y DE AMORTIGUAMIENTO DEL SONCHE Y ALTO UTCUBAMBA, PROVINCIAS DE LUYA Y CHACHAPOYAS, REGION AMAZONAS

1.3 Responsabilidad Funcional del Proyecto de Inversión Pública:

Función	04 AGRARIA
Programa	011 PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Subprograma	0040 REFORESTACION
Responsable Funcional (según Anexo SNIP 04)	AGRICULTURA Y RIEGO

1.4 Este Proyecto de Inversión Pública NO pertenece a un Programa de Inversión

1.5 Este Proyecto de inversión Pública NO pertenece a un Conglomerado Autorizado

1.6 Localización Geográfica del Proyecto de Inversión Pública:

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad
AMAZONAS	LUYA	LONGUETA	
AMAZONAS	LUYA	MARIA	
AMAZONAS	LUYA	TINGO	
AMAZONAS	CHACHAPOYAS	CHACHAPOYAS	
AMAZONAS	CHACHAPOYAS	HUANCAS	
AMAZONAS	CHACHAPOYAS	LEVANTO	
AMAZONAS	CHACHAPOYAS	SAN ISIDRO DE MAJNO	

1.7 Unidad Formuladora del Proyecto de Inversión Pública:

Sector:	GOBIERNOS REGIONALES
Piiego:	GOBIERNO REGIONAL AMAZONAS
Nombre:	DIRECCION REGIONAL AGRARIA
Persona Responsable de Formular:	WILLIAM BARDALES ESCALANTE
Persona Responsable de la Unidad Formuladora:	ING° CARLOS ALBERTO MESTANZA IBERICO

1.8 Unidad Ejecutora del Proyecto de Inversión Pública:

Sector:	GOBIERNOS REGIONALES
Piiego:	GOBIERNO REGIONAL AMAZONAS
Nombre:	REGION AMAZONAS-AGRICULTURA
Persona Responsable de la Unidad Ejecutora:	ING° CARLOS ALBERTO MESTANZA IBERICO

2 ESTUDIOS

2.1 Nivel Actual del Estudio del Proyecto de Inversión Pública

Nivel	Fecha	Autor	Costo (Nuevos Soles)	Nivel de Calificación
PERFIL	05/12/2005	WILLIAM BARDALES ESCALANTE	0	APROBADO
PRE-FACTIBILIDAD	06/12/2005	ALEX FERNANDO DE LA CRUZ DE LA CRUZ	0	APROBADO

2.2 Nivel de Estudio propuesto por la UF para Declarar Viabilidad: PRE-FACTIBILIDAD

3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

3.1 Planteamiento del Problema

<https://of5.mef.gob.pe/invierte/formato/verFichaSNIP/27122/0/0>

1/5

Incremento en la degradación de los recursos naturales en la zona altoandina y de amortiguamiento de la cuenca del Alto Utcubamba de las provincias de Luya y Chachapoyas de la Región Amazonas.

3.2 Beneficiarios Directos

3.2.1 **Número de los Beneficiarios Directos** 6,280 (N° de personas)

3.2.2 Característica de los Beneficiarios

La población directamente beneficiada se encuentra ubicada en el ámbito rural y urbana, los cuales se caracterizan por realizar la actividad agropecuaria la que constituye la principal actividad productiva en la zona, caracterizada por destinar al autoconsumo más del 60% de la producción, presentando una agricultura en seco que genera bajos ingresos económicos.

Por ser una zona altoandina, también se desarrolla la ganadería bajo el sistema extensivo haciendo uso de pastos naturales y en menor proporción de pastos cultivados, siendo una de las actividades que contribuyen en mayor proporción al cambio en el uso de la tierra forestal por la de pastos.

La actividad agrícola se desarrolla en forma tradicional, con la costumbre ofensiva para el medio ambiente como la tala y la quema de los bosques, para realizar la siembra de cultivos como el maíz, frijol y sobre todo de pastos para la alimentación del ganado vacuno.

La distribución de los productores de la región, según el tamaño de unidades agropecuarias muestra que en los estratos de minifundio (UA menores de 3.0 has) y pequeña agricultura (UA de 3.0 a 9.9 has) se agrupa la mayor cantidad de productores agropecuarios (en conjunto 68.9%), mientras que en los estratos de mediana (UA de 10.0 a 49.9 has) y gran agricultura (UA de 50.0 y más has) se concentra el 31.1% restante.

Los beneficiarios del proyecto se enmarcan en los estratos de minifundio y pequeña agricultura, de ladera y seco. La principal fuente de provisión de energía calorífica en el ámbito rural, lo constituye la leña, la cual lo obtiene de los bosques aledaños a los pueblos y sobre todo de los bosques de las partes altas, se calcula que aproximadamente el consumo diario de leña es 10 Kg. / día / familia.

3.3 Objetivo del Proyecto de Inversión Pública

Recuperar, mantener y manejar en forma sostenible los recursos naturales de la zona alto andina y de amortiguamiento de la cuenca del Sonche y Alto Utcubamba en las provincias de Chachapoyas y Luya de la Región Amazonas.

3.4 Análisis de la demanda y oferta

4 ALTERNATIVAS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA (Las tres mejores alternativas)

4.1 Descripciones:

(La primera alternativa es la recomendada)

Alternativa 1 (Recomendada)	Instalación de macizos Forestales y desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles con especies exóticas y nativas.
Alternativa 2	Instalación de macizos forestales con especies de eucaliptos.
Alternativa 3	Ninguna

4.2 Indicadores

		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Monto de la Inversión Total (Nuevos Soles)	A Precio de Mercado	5,506,067	3,959,208	0
	A Precio Social	2,627,070	3,185,966	0
Costo Beneficio (A Precio Social)	Valor Actual Neto (Nuevos Soles)	8,514,638	4,787,600	0
	Tasa Interna Retorno (%)	30.92	20.77	0.00
Costos / Efectividad	Ratio C/E			
	Unidad de medida del ratio C/E (Ejms Beneficiario, alumno atendido, etc.)			

4.3 Análisis de Sostenibilidad de la Alternativa Recomendada

La sostenibilidad del proyecto esta garantizada ya que los entes involucrados:

- Cumplirán con los compromisos institucionales para las fases de pre operación, operación y mantenimiento; estos compromisos están avalados por los documentos firmados y que tienen valor legal vigente.
- La capacidad de gestión y financiera del actual Gobierno Regional de Amazonas y del ente cooperante permitirá sostener el proyecto tanto en la pre inversión, inversión y post inversión.
- La participación directa y activa de los Gobiernos Locales, así como la identificación de los beneficiarios en la diferentes actividades a realizarse esta asegurada, ya que estos actores sociales de su propio desarrollo han sido los mas entusiastas al solicitar que se realice este tipo de proyectos en sus jurisdicciones respectivas y ellos mismos son los que han identificado la problemática y alternativas de solución. De igual modo se han comprometido a realizar las actividades de mantenimiento de las plantaciones forestales una vez concluida las actividades de inversión.

4.4 GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN EL PIP (EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA)

4.4.1 Peligros identificados en el área del PIP

PELIGRO	NIVEL
---------	-------

4.4.2 Medidas de reducción de riesgos de desastres

4.4.3 Costos de inversión asociado a las medidas de reducción de riesgos de desastres

5 COMPONENTES DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA (En la Alternativa Recomendada)

5.1 Cronograma de Inversión según Componentes:

COMPONENTES	Semestros(Nuevos Soles)				
	1er Semestre 2006	2do Semestre 2006	1er Semestre 2007	2do Semestre 2007	Total por componente
Estudio de Factibilidad y exp. técnicos	5,850	0	0	0	5,850
Inversión en activos fijos	610,340	0	0	0	610,340
Instalación de viveros	277,057	0	0	0	277,057
Producción de plántones de pino patula	0	93,186	0	0	93,186
Producción de plántones de aliso	0	61,267	0	0	61,267
Producción de plántones de molle	0	2,625	0	0	2,625
Producción de plántones de tara	0	12,128	0	0	12,128
Asistencia técnica	92,400	92,400	92,400	92,400	369,600
Capacitación en producción y manejo forestal	0	6,400	4,200	4,200	16,800
Difusión de especies en peligro de extinción	0	0	1,000	4,600	5,600
Capacitación técnica en sistemas agro silvopastoriles	0	12,000	10,000	2,600	25,200
Capacitación en prácticas de ordenamiento y planificación del uso de tierra	0	6,600	4,000	1,800	14,700
Módulos demostrativos de sistemas agro silvopastoriles	0	12,684	0	0	12,684
Instalación de matrices forestales y agroforestales	0	283,476	0	1,133,802	1,417,378
Operación y mantenimiento	43,800	43,800	43,800	43,800	175,200
Monitoreo y seguimiento	894	894	894	894	3,536
Gastos administrativos	63,747	63,747	63,747	63,747	254,988
Imprevistos	0	44,623	19,123	0	63,746
capacitación en prevención de incendios forestales	0	25,200	14,200	11,000	50,400
Difusión de material de prevención d incendios	0	16,800	10,000	6,800	33,600
Total por periodo:	1,094,078	782,842	283,354	1,365,813	3,506,087

5.2 Cronograma de Componentes Físicos:

COMPONENTES	Unidad de Medida	Semestros				Total por componente
		1er Semestre 2006	2do Semestre 2006	1er Semestre 2007	2do Semestre 2007	
Estudio de Factibilidad y exp. técnico	Estudio	2	0	0	0	2
Inversión en activos fijos	global	1	0	0	0	1
Instalación de viveros	viveros	7	0	0	0	7
Producción de plántones de pino patula	plántones	0	471,500	0	0	471,500
Producción de plántones de aliso	plántones	0	269,700	0	0	269,700
Producción de plántones de molle	plántones	0	12,500	0	0	12,500
Producción de plántones de tara	plántones	0	52,000	0	0	52,000
Asistencia técnica	meses	6	6	6	6	24
Capacitación en producción y manejo forestal	eventos	8	4	12	8	32
Difusión de especies en peligro de extinción	eventos	0	0	5	0	5
Capacitación técnica en sistemas agro silvopastoriles	eventos	0	4	4	4	12
Capacitación en prácticas de ordenamiento y planificación del uso de tierra	eventos	0	3	3	2	7
Módulos demostrativos de sistemas agro silvopastoriles	módulos	0	21	0	0	21
Instalación de matrices forestales y agroforestales	has	0	440	0	1,000	1,440
Operación y mantenimiento	funcionarios	8	6	6	6	24
Monitoreo y seguimiento	monitoreos	2	2	2	2	8
Gastos administrativos	global	1	1	1	1	4
Imprevistos	global	1	0	1	0	2
capacitación en prevención de incendios forestales	eventos	0	0	0	0	0
Difusión de material de prevención d incendios	series	0	0	0	0	0

5.4 Operación y Mantenimiento:

COSTOS		Años (Nuevos Soles)				
		2008	2009	2010	2011	2012
Sin PIP	Operación	0	0	0	0	0
	Mantenimiento	0	0	0	0	0
Con PIP	Operación	18,350	15,162	15,162	15,162	15,162
	Mantenimiento	670,753	774,945	800,993	800,993	800,993

5.5 Inversiones por reposición:

	Años (Nuevos Soles)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Inversiones por reposición	0	0	0	0	0

Monto Total de Componentes:	3,927,756.00
Monto Total del Programa:	3,506,087.00

5.6 Fuente de Financiamiento (Dato Referencial): FONDO DE COMPENSACION REGIONAL

6 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS SOBRE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

<p>Viabilidad Técnica:</p> <p>La Dirección Regional Agraria es la institución pública más representativa del sector rural agrario, tiene jurisdicción en todo el ámbito de la Región Amazonas, y cuenta con experiencia técnica y personal calificado en el manejo de plantaciones forestales.</p> <p>Además la alternativa elegida es de fácil aplicación y desarrollo, ya que la adaptabilidad de las especies esta comprobada en la zona, y la mano de obra para el mantenimiento del proyecto, esta garantizado por que asumen esta responsabilidad los gobiernos locales y la población en general.</p>
<p>Viabilidad Ambiental:</p> <p>Impactos Ambientales Positivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disminución de la agricultura migratoria y la tala de bosques naturales. - Capacitación y Asistencia Técnica para la producción forestal. - Desarrollo de actividades agropecuarias complementarias.

15/11/24, 10:07

of5.mef.gob.pe/invierte/formato/verFichaSNIP/27122/0/0

Fecha de la Declaración de Viabilidad: 06/12/2005

11 **COMPETENCIAS EN LAS QUE SE ENMARCA EL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA**

11.1 La Unidad Formuladora declaró que el presente PIP es de competencia Regional.

Asignación de la Viabilidad a cargo de **OPI DE LA REGION AMAZONAS**

PIP EN LOCALIDADES RURALES

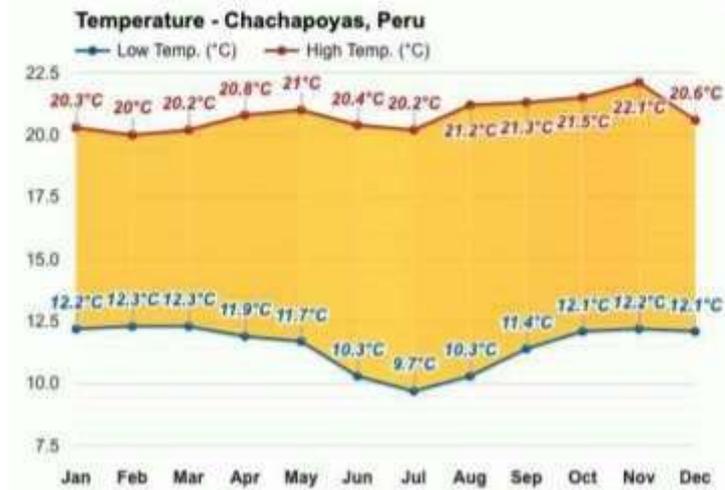
<https://of5.mef.gob.pe/invierte/formato/verFichaSNIP/27122/0/0>

5/5

Anexo 9. Datos climáticos del lugar de evaluación.

Clima Chachapoyas, Perú

Temperatura media Chachapoyas, Perú



- Promedio de temperatura alta en enero: 20.3°C
- Promedio de temperatura alta en febrero: 20°C
- Promedio de temperatura alta en marzo: 20.2°C
- Promedio de temperatura alta en abril: 20.8°C
- Promedio de temperatura alta en mayo: 21°C
- Promedio de temperatura alta en junio: 20.4°C
- Promedio de temperatura alta en julio: 20.2°C
- Promedio de temperatura alta en agosto: 21.2°C
- Promedio de temperatura alta en septiembre: 21.3°C
- Promedio de temperatura alta en octubre: 21.5°C
- Promedio de temperatura alta en noviembre: 22.1°C
- Promedio de temperatura alta en diciembre: 20.6°C

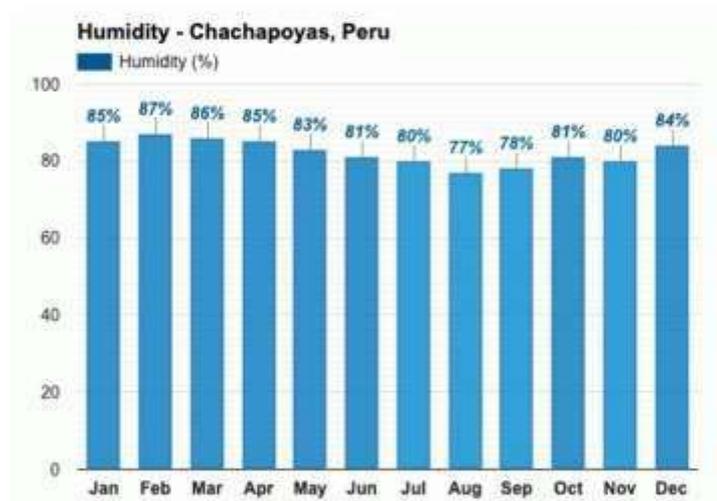
El mes más cálido (con el máximo promedio de temperatura alta) es noviembre (22.1°C). El mes con el promedio de temperatura alta más bajo es febrero (20°C).

- Promedio de temperatura baja en enero: 12.2°C
- Promedio de temperatura baja en febrero: 12.3°C
- Promedio de temperatura baja en marzo: 12.3°C
- Promedio de temperatura baja en abril: 11.9°C

- Promedio de temperatura baja en mayo: 11.7°C
- Promedio de temperatura baja en junio: 10.3°C
- Promedio de temperatura baja en julio: 9.7°C
- Promedio de temperatura baja en agosto: 10.3°C
- Promedio de temperatura baja en septiembre: 11.4°C
- Promedio de temperatura baja en octubre: 12.1°C
- Promedio de temperatura baja en noviembre: 12.2°C
- Promedio de temperatura baja en diciembre: 12.1°C

Los meses con el promedio de temperatura baja más alto son febrero y marzo (12.3°C). El mes más frío (con el promedio de temperatura baja más bajo) es julio (9.7°C).

Humedad media Chachapoyas, Perú

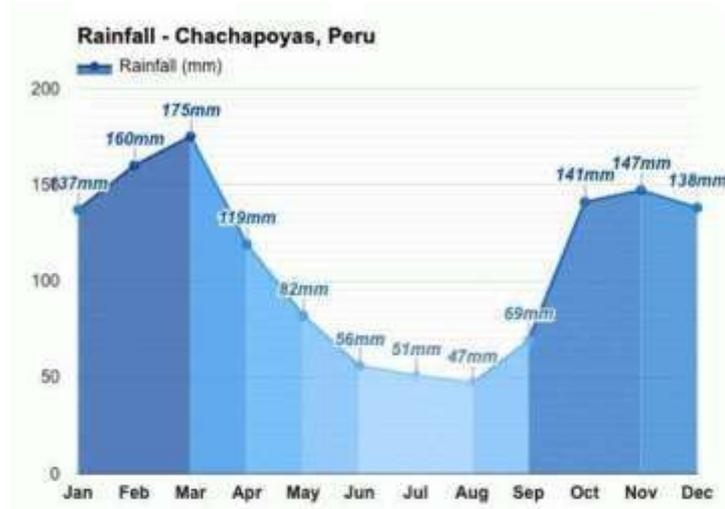


- Humedad media en enero: 85%
- Humedad media en febrero: 87%
- Humedad media en marzo: 86%
- Humedad media en abril: 85%
- Humedad media en mayo: 83%
- Humedad media en junio: 81%
- Humedad media en julio: 80%
- Humedad media en agosto: 77%
- Humedad media en septiembre: 78%
- Humedad media en octubre: 81%
- Humedad media en noviembre: 80%

- Humedad media en diciembre: 84%

El mes con la humedad relativa más alta es febrero (87%). El mes con la humedad relativa más baja es agosto (77%).

Precipitación media Chachapoyas, Perú



- Precipitación media en enero: 137mm
- Precipitación media en febrero: 160mm
- Precipitación media en marzo: 175mm
- Precipitación media en abril: 119mm
- Precipitación media en mayo: 82mm
- Precipitación media en junio: 56mm
- Precipitación media en julio: 51mm
- Precipitación media en agosto: 47mm
- Precipitación media en septiembre: 69mm
- Precipitación media en octubre: 141mm
- Precipitación media en noviembre: 147mm
- Precipitación media en diciembre: 138mm

El mes más húmedo (con la precipitación más alta) es marzo (175mm). El mes más seco (con la precipitación más baja) es agosto (47mm).

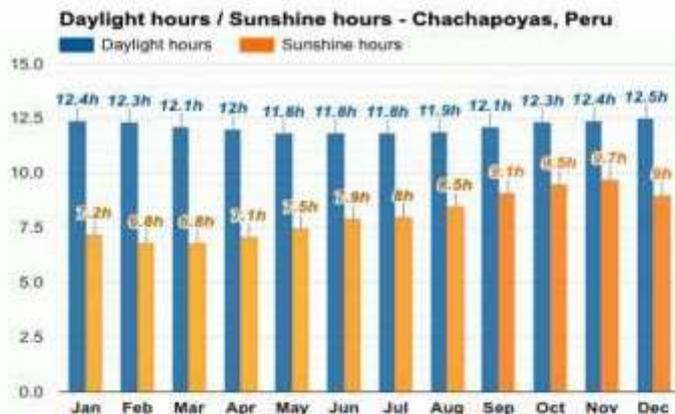
Promedio de días de lluvia Chachapoyas, Perú



- Promedio de días de lluvia en enero: 29.3 días
- Promedio de días de lluvia en febrero: 27.5 días
- Promedio de días de lluvia en marzo: 29.8 días
- Promedio de días de lluvia en abril: 27.4 días
- Promedio de días de lluvia en mayo: 26.6 días
- Promedio de días de lluvia en junio: 23.5 días
- Promedio de días de lluvia en julio: 19.1 días
- Promedio de días de lluvia en agosto: 19.7 días
- Promedio de días de lluvia en septiembre: 23.5 días
- Promedio de días de lluvia en octubre: 27.5 días
- Promedio de días de lluvia en noviembre: 26.1 días
- Promedio de días de lluvia en diciembre: 28.4 días

El mes con el número de días lluviosos más alto es marzo (29.8 días). El mes con el número de días lluviosos más bajo es julio (19.1 días).

Luz diurna media / Promedio de insolación Chachapoyas, Perú



- Luz diurna media en enero: 12h and 2min
- Luz diurna media en febrero: 12h and 2min
- Luz diurna media en marzo: 12h and 1min
- Luz diurna media en abril: 12h and 0min
- Luz diurna media en mayo: 11h and 5min
- Luz diurna media en junio: 11h and 5min
- Luz diurna media en julio: 11h and 5min
- Luz diurna media en agosto: 11h and 5min
- Luz diurna media en septiembre: 12h and 1min
- Luz diurna media en octubre: 12h and 1min
- Luz diurna media en noviembre: 12h and 2min
- Luz diurna media en diciembre: 12h and 3min

El mes con días más largos es diciembre (Luz diurna media: 12h and 30min). El mes con días más cortos es junio (Luz diurna media: 11h and 48min).

- Promedio de insolación en enero: 7h and 1min
- Promedio de insolación en febrero: 6h and 5min
- Promedio de insolación en marzo: 6h and 5min
- Promedio de insolación en abril: 7h and 1min
- Promedio de insolación en mayo: 7h and 3min
- Promedio de insolación en junio: 7h and 5min
- Promedio de insolación en julio: 8h and 0min
- Promedio de insolación en agosto: 8h and 3min
- Promedio de insolación en septiembre: 9h and 1min
- Promedio de insolación en octubre: 9h and 3min
- Promedio de insolación en noviembre: 9h and 4min
- Promedio de insolación en diciembre: 9h and 0min

El mes con más sol es noviembre (Promedio de insolación: 9h and 42min). Los meses con menos sol son febrero y marzo (Promedio de insolación: 6h and 48min).

Promedio del índice UV Chachapoyas, Perú



- Promedio del índice UV en enero: 5
- Promedio del índice UV en febrero: 4
- Promedio del índice UV en marzo: 4
- Promedio del índice UV en abril: 5
- Promedio del índice UV en mayo: 5
- Promedio del índice UV en junio: 4
- Promedio del índice UV en julio: 4
- Promedio del índice UV en agosto: 5
- Promedio del índice UV en septiembre: 5
- Promedio del índice UV en octubre: 5
- Promedio del índice UV en noviembre: 5
- Promedio del índice UV en diciembre: 4

Los meses con el índice UV más alto son enero, abril, mayo, agosto, septiembre, octubre y noviembre (Índice UV 5). Los meses con el índice UV más bajo son febrero, marzo, junio, julio y diciembre (Índice UV 4).

Fuente: **Weather Atlas**, disponible en https://www.weather-atlas.com/es/peru/chachapoyas-clima#humidity_relative