

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO VOLUMÉTRICO MADERABLE EN  
PLANTACIONES DE DIFERENTES EDADES DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl y  
Cham, DISTRITO DE CHUGUR - HUALGAYOC**

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO FORESTAL**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

**SILVIA ARACELI CRUZADO BARBOZA**

ASESOR:

**ING. ANDRÉS H. LOZANO LOZANO**

**CAJAMARCA – PERÚ**

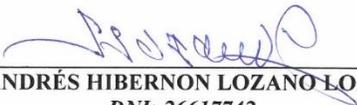
**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador: SILVIA ARACELI CRUZADO BARBOZA  
DNI: 46062168  
Escuela Profesional/Unidad UNC: Ingeniería Forestal
- Asesor: Ing. Andrés Hibernon Lozano Lozano.  
Facultad/Unidad UNC: Ciencias Agrarias
- Grado académico o título profesional  
 Bachiller     Título profesional     Segunda especialidad  
 Maestro     Doctor
- Tipo de Investigación:  
 Tesis     Trabajo de investigación     Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:  
**DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO VOLUMÉTRICO MADERABLE EN PLANTACIONES DE DIFERENTES EDADES DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl y Cham, DISTRITO DE CHUGUR - HUALGAYOC**
- Fecha de evaluación: 26/09/2024
- Software antiplagio:  TURNITIN     URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud: 13%
- Código Documento: 3117:385529870
- Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 26/09/2024

Firma y/o Sello  
Emisor Constancia

  
Ing. ANDRÉS HIBERNON LOZANO LOZANO  
DNI: 26617742

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los diecisiete días del mes de setiembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 069-2024-FCA-UNC, de fecha 09 de febrero del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO VOLUMÉTRICO MADERABLE EN PLANTACIONES DE DIFERENTES EDADES DE *Pinus patula* Schlttl et Cham DISTRITO DE CHUGUR - HUALGAYOC"**, realizada por la Bachiller **SILVIA ARACELI CRUZADO BARBOZA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

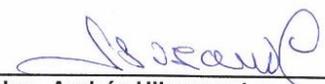
A las diecisiete horas y cinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de catorce (14); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las dieciocho horas y cincuenta y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
\_\_\_\_\_  
Ing. M. Sc. **Walter Ricardo Roncal Briones**  
**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. **Nehemías Honorio Sangay Martos**  
**SECRETARIO**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. M. Sc. **Luis Dávila Estela**  
**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. **Andrés Hibernon Lozano Lozano**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

A Dios que día a día guía mis pasos y mi vida, a mis padres María Amelida y Armando, que me brindaron su apoyo incondicional para ser una profesional, a mis hermanos Edgar y Willan quienes son soporte emocional y amical.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida, la salud y la sabiduría.

Al Ing. Andrés Hibemon Lozano Lozano por el asesoramiento y paciencia durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, con el único propósito de ayudarme a lograr mis objetivos.

A mis docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal quienes me ayudaron con sus conocimientos para lograr ser cada día una mejor profesional.

A los propietarios de las plantaciones del distrito de Chugur quienes muy gentilmente colaboraron con el desarrollo de mi trabajo de investigación.

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>ÍNDICE</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
<b>2.1 Antecedentes</b> .....	3
<b>2.2 Bases teóricas</b> .....	7
<b>2.2.1. Descripción de la especie – <i>Pinus patula</i></b> .....	7
<b>2.2.1.1. Distribución y hábitat</b> .....	7
<b>2.3. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales</b> .....	9
<b>2.4. Métodos para medir el diámetro</b> .....	14
<b>2.5. Estimación del volumen para árboles en pie</b> .....	14
<b>2.6. Muestreo</b> .....	18
<b>2.7. Parcela de muestreo</b> .....	18
<b>2.8. Incremento medio anual</b> .....	18
<b>2.9. Definición de términos</b> .....	19
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	21
<b>3.1 Descripción del área de estudio</b> .....	21

3.1.1	Ubicación política y geográfica.....	21
3.1.2	Accesibilidad .....	22
3.1.3	Clima .....	22
3.1.4	Suelo .....	22
3.1.5	Geología.....	23
3.1.6	Geomorfología.....	23
3.2	Materiales y equipos .....	24
3.3	Metodología.....	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1	Determinación del volumen total y comercial en diferentes edades.....	33
4.2	Evaluación de las variables dasométricas por hectárea .....	35
4.3	Determinación del incremento medio anual (IMA) de <i>Pinus patula</i> .....	38
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
5.1	CONCLUSIONES.....	45
5.2	RECOMENDACIONES .....	47
	BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	48
	ANEXOS .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Área de las plantaciones identificadas (ha) y estimadas hasta el año 2022 .....	25
Tabla 2 Coordenadas UTM - del área de estudio.....	27
Tabla 3 Cálculo de los variables, volumen total y comercial por edades y parcelas .....	33
Tabla 4 Variables dasométricas de área basal, volumen total y comercial por hectárea.....	35
Tabla 5 Determinación del área basal, volumen total y comercial de las plantaciones seleccionadas de <i>Pinus patula</i> .....	37
Tabla 6 Crecimiento promedio de los parámetros del <i>Pinus patula</i> según la edad .....	38
Tabla 7 Determinación del crecimiento medio anual (CMA) del diámetro y altura total .....	40
Tabla 8 Determinación del incremento medio anual (IMA) del área basal y volumen.....	42
Tabla 9 Determinación del incremento medio anual del área basal y volumen total en las plantaciones seleccionadas.....	43

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 Mapa de Ubicación del área de estudio .....	21
--	----

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en plantaciones de *Pinus patula Schiede ex Schltdl y Cham*, en edad de 10, 15 y 21 años, en la comunidad Tres Lagunas, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Se identificó e instaló seis parcelas de muestreo de forma rectangular de 20 m x 25 m (500 m<sup>2</sup>) (dos parcelas por cada edad), se efectuó el inventario forestal donde se midieron el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (Ht) y altura comercial (Hc), con estos datos se procedió a realizar los cálculos dando como resultados, volumen total de la plantación, 589.048 m<sup>3</sup>, 1,577.600 m<sup>3</sup> y 2,049.996 m<sup>3</sup> y su volumen comercial 521.362 m<sup>3</sup>, 1,436.864 m<sup>3</sup> y 1,798.311 m<sup>3</sup>, que alcanzaron los crecimientos a la edad de 10, 15 y 21 años. En las variables dasométricas, se obtuvo en área basal 14.074 m<sup>2</sup>/ha, volumen total 101.560 m<sup>3</sup>/ha, y volumen comercial 89.890 m<sup>3</sup>/ha para 10 años; área basal 25.418 m<sup>2</sup>/ha, volumen total 246.500 m<sup>3</sup>/ha y volumen comercial 224.510 m<sup>3</sup>/ha para 15 años; área basal 37.884 m<sup>2</sup>/ha, volumen total 401.960 m<sup>3</sup>/ha y volumen comercial 352.610 m<sup>3</sup>/ha para 21 años. El crecimiento medio anual promedio obtenidos fueron, para área basal 1.17 cm, 1.15 cm y 0.99 cm y en altura total 1.01 m, 0.90 m y 0.71 m, para las edades 10,15 y 21 años respectivamente; en tanto al incremento medio anual maderable para la edad de 10 años en volumen total fue de 1.75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para 15 años 2.57 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y para 21 años 3.75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

**Palabras claves:** *Pinus patula*, plantaciones, incremento volumétrico, maderable, Chugur, Hualgayoc.

## SUMMARY

The present study was carried out in *Pinus patula* Schiede ex Schltdl and cham plantations, aged 10, 15 and 21 years in the Tres Lagunas community, Chugur distric, Hualgayoc province, department of Cajamarca. Six rectangular sampling plots of 20 m x25 m (500 m<sup>2</sup>); were identified and installed (two plots for each age), the forest inventory was carried out where the parameters, diameter at breast height (DBH), height were measured. total (HT) and commercial height (HC), with these data the calculations were carried out giving as results, total volumen of the plantation, 589.048 m<sup>3</sup>, 1,5777,600 m<sup>3</sup> and 2,049,996 m<sup>3</sup> and its comercial volumen 521,362 m<sup>3</sup>, 1,436, 864 m<sup>3</sup> and 1,798,311 m<sup>3</sup>, who reached their growth rates at the ages of 10, 15 and 21 years,

In the dasometric variables, the basal área was obtained 14,074 m<sup>2</sup>/ha, total volume 101,560 m<sup>3</sup> /ha, and commercial volume 89,890 m<sup>3</sup>/ha for 10 years; basal area 25,418 m<sup>2</sup>/ha, total volume 246,500 m<sup>3</sup>/ha and comercial volumen 224,510 m<sup>3</sup>/ha for 15 years; basal area 37,884 m<sup>2</sup>/ ha, total volumen 401,960 m<sup>3</sup>/ha and commercial volume 352,610 m<sup>3</sup>/ha for 21 years. The average anual growth obtained were basal area 1.17 cm, 1.15 cm and 0.99 cm, and total height 1.01m, 0.90 m and 0.71 m, for ages 10,15 and 21 years respectively; while the average annual timber increase for the age of 10 years in total volumen was 1.75 m<sup>3</sup> ha-1, for 15 years 2.57 m<sup>3</sup> ha-1 and for 21 years 3.75 m<sup>3</sup> ha-1.

**Keywords:** *Pinus patula*, plantations, volumetric increase, timber, Chugur, Hualgayoc.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años en la Región Cajamarca, las diferentes instituciones públicas y privadas han tomado gran interés por las plantaciones forestales comerciales para incrementar la producción maderable, disminuir la tensión a los bosques nativos, promover las inversiones en el sector forestal, transformar terrenos degradados en productivas, y ayudar al mejoramiento del medio ambiente, entre otros beneficios (Ruiz, 2017, pág. 24).

No obstante, no se tiene datos numéricos sobre el valor de producción de pinos, que es la información básica para la silvicultura. (González, 2012, pág. 1).

Se han realizado estudios relacionados a la evaluación y estimación de volúmenes maderables en plantaciones de pino, tal es el caso de la investigación de (Villar et al. 2014), en la cual se evidencio una buena estructura del macizo y distribución diamétrica, siendo los DAPs los mejores para la industria del aserradero. La cantidad de madera fue de  $718.439 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  para el volumen total y de  $277.0618 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  para el volumen comercial, representando este último el 38.6% del primero; la proporción es baja, pero, aun así, existe madera que tiene un valor comercial para otras industrias como para postes o tableros.

En la Región Cajamarca, el *Pinus patula Schiede ex Schltdl y Cham* es la especie más abundante de las seis especies de pino registrada en esta zona, presentando el mayor potencial maderable de Cajamarca. Sin embargo, este potencial maderable no es aprovechado al máximo por las comunidades o propietarios individuales debido a la falta de manejo de sus plantaciones forestales, desconocimiento de términos aplicados a la silvicultura; así mismo, las asociaciones o dueños de parcelas recolectan sus árboles basados en el pedido de los consumidores de árboles, sin tener en cuenta la poda, raleo, abonamiento, entre otros (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2018).

Por tal motivo, con la presente investigación se formuló la siguiente interrogante: *¿Cuál es el incremento volumétrico en plantaciones de diferentes edades de Pinus patula Schiede ex Schltdl y Cham en la comunidad de Tres Lagunas - Chugur – Hualgayoc?*

El presente estudio tuvo como objetivo: Determinar el incremento volumétrico maderable en plantaciones de diferentes edades de *Pinus patula Schiede ex Schltdl* y *Cham* distrito de Chugur – Hualgayoc y como objetivos específicos:

Determinar el volumen total y comercial en diferentes edades del *Pinus patula Schiede ex Schltdl* y *Cham*.

Evaluar las variables dasométricas por ha de la especie *Pinus patula Schiede ex Schltdl* y *Cham*.

Determinar el incremento medio anual (IMA) en diferentes edades de la especie *Pinus patula Schiede ex Schltdl* y *Cham*.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes

Cruz y Galán (2022) en su investigación sobre crecimiento del *Pinus patula* en plantaciones de la Sierra Sur de Oaxaca, estableció el crecimiento y rendimiento maderable de *Pinus patula* en plantíos ubicados en la comunidad de San Mateo Río Hondo, Oaxaca. Se recogió datos de plantíos de cinco y seis años de edad; localizados en siete predios del municipio de San Mateo Río Hondo, para la cubicación de los plantíos donde empleó el modelo de la variable combinada, la altura se calculó mediante el modelo de Schumacher. Se concluyó que: los plantíos de *Pinus patula* a los 11 años de edad presentaron una altura total de 15.3 m y un IMA  $2.34 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , a los 20 años tuvo una altura de 16.9 m y un IMA de  $14.09 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ; dando como resultado que el crecimiento y rendimiento son buenos y aceptables.

Ordaz et al. (2020) investigaron las relaciones alométricas para plantíos de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham, en el estado de México, con la finalidad de medir las diferencias volumétricas de los plantíos de *Pinus patula*. Se utilizaron 1825 plantíos de *Pinus patula* entre 4 y 20 años procedentes de 65 zonas de muestreo con distanciamientos de 3 m x 3 m. Los resultados obtenidos fueron una altura total máxima 25 m, un diámetro máximo de 39.20 cm, los modelos alométricos propuestos como los mejores entre las variables de interés forestal: diámetro de tocón (cm), diámetro normal (cm), altura total (m) y volumen ( $\text{m}^3$ ), para las plantaciones comerciales de *Pinus patula* en las Regiones VI y VII del Estado de México son estadísticamente confiables y precisos; por lo que pueden incluirse en sistemas de crecimiento y rendimiento para esta especie cultivada, o para la

evaluación de los productos obtenidos posterior al aprovechamiento legal o clandestino; además, de forma general, en la elaboración de planes de manejo forestal.

Vallejo y Zapata (2018) indican que en sitios favorables, el crecimiento de la especie *Pinus patula* es rápido, y en sus primeras etapas de desarrollo pueden lograr un crecimiento anual de 2 m de altura, no siendo raro, un crecimiento de 1 – 1.5 m durante los primeros 10 años de edad; además, dicen que en Colombia para rodales de 25 años no entresacadas se han registrado incrementos medio anuales que varían de 17 a 28 m<sup>3</sup>/ha<sup>-1</sup> y en rodales entresacadas a la misma edad la producción de madera registrada esta entre 328 y 461 m<sup>3</sup>/ha<sup>-1</sup>. Así mismo, indican que en Sudáfrica se han registrado incrementos medio anuales entre 10.1 m<sup>3</sup>/ha<sup>-1</sup> para una edad de 20 años y 34.4 m<sup>3</sup>/ha<sup>-1</sup> para 30 años de edad; así como en rodales de 12 años de edad se ha registrado incrementos medio anuales de hasta 32 m<sup>3</sup>/ha<sup>-1</sup> y en rodales de 18 años hasta 33.2 m<sup>3</sup>/ha<sup>-1</sup>

García y Velasco (2017) estudiaron sobre calidad de sitio y su influencia en el crecimiento de una plantación de *Pinus patula* Schltdl et Cham, planteó como objetivo evaluar el efecto de las condiciones del lugar en el crecimiento y edad de los plantíos de *Pinus patula*. El área de estudio se efectuó en plantíos de *Pinus patula* de 4.1 ha, el muestreo fue sistemático donde se midieron las siguientes variables: el diámetro, altura total, diámetro de copa, etc. Se concluyó que el aumento del *Pinus patula* del sotobosque dependieron de la calidad del suelo (p=0.0001), debido a elementos ambientales propicios, el crecimiento de madera temprana y tardía en el primer año alcanzo 6,76 y 1,69 mm, de forma respectiva. En relación al IMA e ICA mostraron tendencias crecientes con calidad del sitio, en otras palabras, el crecimiento de madera temprana y tardía incremento con la calidad. Por ejemplo, el IMA para madera temprana de baja calidad fue de 3,7 mm año<sup>-1</sup>,

mientras que el IMA para madera temprana de alta calidad fue de  $6.76 \text{ mm año}^{-1}$ , una diferencia significativa (Ducan =0.05).

Uranga (2014) realizó estudio en plantaciones de *Pinus patula* en Zacualpan, Vera Cruz (Mexico), determinó un diseño de crecimiento y rendimiento maderable. Se empleó diseños de volúmenes y ahusamiento, con un método de cubicación, en una parcela de 19,180 ha, la muestra fue aleatoria. Los resultados mostraron un promedio de área basal de  $1.20 \text{ m}^2$ , un crecimiento en volumen total de  $340 \text{ m}^3/\text{a}$  a una edad de 20 años.

Ortega (2014) evaluó el crecimiento de *Pinus patula Schl. et Cham*, empleando técnicas dendrocronológicas en plantaciones de Cajamarca, con el propósito de evaluar el crecimiento de *Pinus patula*, a través de técnicas dendrocronológicas. Se escogió una población de 35 árboles de *Pinus patula*. Se concluyó que el diámetro presenta un mayor crecimiento a los 25 años, donde los árboles en la zona no raleada presentan una tasa de crecimiento medio de 1,17 cm anuales, mientras en la zona raleada crecen a un ritmo mayor de 1,33 cm anuales; las curvas ICA (Incremento Corriente Anual) e IMA (Incremento Medio Anual) para ambas zonas, se observa en las zonas no raleada y raleada que la intersección de las curvas se dio en el año 15 y 20, respectivamente, lo que significa que el turno de corta ya fue alcanzado a la edad de 22 años.

Espinoza y Rodríguez (2014) indican en su investigación titulada medición del incremento y productividad en plantaciones de *Pinus patula*, Nueva Segovia, Nicaragua, realizando la recopilación de datos entre los años 2013 y 2014. Las conclusiones fueron: los rodales V y II son los que presentan un mayor incremento en altura con 2.09 y 1.87 m, respectivamente; los rodales I y V presentan mayor incremento en volumen, con 0.044 y a  $0.036 \text{ m}^3$ , respectivamente; los rodales I y II obtuvieron mayores índices de IMA, con 1.73

y 1.52 cm/año, respectivamente; los rodales IV y V obtuvieron mayores alturas, con 1.20 y 1.22 m/año, respectivamente; los rodales I y II obtuvieron mayores volúmenes, con 0.0019 y 0.0016 m<sup>3</sup>/año, correspondientemente; en relación a la productividad el rodal I fue el mejor, con un área basal de 0.2521 m<sup>2</sup>/ha/año y un volumen de 1.551 m<sup>3</sup>/ha/año.

Rebolledo et al. (1999) manifiestan que la medición de familias comunes de *Pinus patula Schl. et Cham*, tuvo como objetivo comparar su crecimiento y supervivencia entre lugares y entre especies. Se midió 12 familias de un total de 30, derivados del huerto de Veracruz; se empleó un examen de varianza a través del programa estadístico SAS. Se concluyó que el aumento promedio de DAP fue entre 3.0 y 4.0 cm, en la zona de Calpulalpan; mientras en el lugar de Orizaba se obtuvieron valores de DAP 0.08 hasta 6.9 cm. El aumento de la altura y diámetro de los plantíos de pino se han visto influenciados mayormente por los elementos físicos y climáticos de los lugares donde crecen.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1. Descripción de la especie – *Pinus patula***

La especie *Pinus patula Schiede ex Schltdl y cham*, es oriundo de México, presente en los territorios de Chiapas, jurisdicción federal de México, Hidalgo, Morelos, Oaxaca, Puebla, en zonas de la sierra y sur de México, incluyendo los bloques de Oaxaca y la sierra de Oaxaca. Estos árboles presentan un tronco recto que alcanza una altura de 35 a 40 m, un diámetro de 50 a 120 cm, con una envoltura gruesa de color marrón grisáceo oscuro, su ramificación suele ser arrugadas, finas y muchas veces declinadas; las agujas miden 11 – 27 mm de ancho, 3 – 4 haces, de coloración verde claro amarilloso verdoso. De firmes conos y ligeramente curvados, de 5 a 10 cm de largo y de 4.0 a 6.5 cm de ancho (Velásquez, et al, 2004, pág. 124).

#### **2.2.1.1. Distribución y hábitat**

Esta especie se desarrolla entre los 24° y 18° de latitud norte, a una altitud de 1.800 a 2.700 msnm. No puede soportar temperaturas bajas prolongadas de hasta -10° C. Sin embargo, puede perdurar por periodos cortos en climas más fríos. Es mesurablemente tolerante a la sequía y supera al *Pino taeda*. La precipitación anual varía de 750 a 2000 mm, primeramente, en verano, pero su hábitat en la Sierra Madre Oriental en el territorio de Veracruz es lluvioso durante todo el año (Conifer Specialist Group, 1998).

#### **2.2.1.2. Cultivos y usos**

Se utiliza primordialmente por la espléndida calidad del papel, tableros que produce y ha llegado a posicionarse en todo el mundo. Se cultiva a gran altura en Ecuador (3500 m), Bolivia, Colombia (3300 m), Kenia, Tanzania,

Angola, Zimbabue, etc., donde se cultiva con el propósito de forestación y se construye en terrenos antes cubiertos por plantaciones de matorral, con fines comerciales y completamente ha climatizado. También se introdujo en Inglaterra como planta decorativa y le va bien (Verboom, 1992).

#### **2.2.1.3.Taxonomía**

Según Ramírez (2021) describieron al *Pinus patula* en la siguiente clasificación: **Orden:** Pinales, **Familia:** Pinaceae, **Género:** *Pinus* y **Especie:** *Pinus patula*

#### **2.2.1.4.Fenología**

##### **a) Hojas**

La regeneración de las hojas se lleva a cabo en dos períodos, la formación de yemas de hojas en el primer entrenudo en febrero (maduras en marzo), la aparición de nuevas hojas comienza en el segundo entrenudo en mayo (maduras en junio) y las mejores del año se forman en el comienzo.

##### **b) Flores**

Tienen lugar de enero a abril. La polinización es anemofilia, el polen se libera en marzo.

##### **c) Frutos**

El fruto es un cono de suero. Los frutos maduran a fines del año siguiente y el ciclo fenológico desde la floración hasta la madurez de la semilla es de aproximadamente 24 meses. El período de fructificación ocurre cada cuatro o cinco años, el "año de la semilla",

pero en condiciones climáticas favorables la producción puede tener lugar durante todo el año.

## **2.3. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales**

### **2.3.1. Crecimiento de un árbol**

La vida arbórea es el crecimiento de la masa forestal a lo largo del tiempo; cuando se dice de crecimiento de un árbol hablamos de la altura, el desarrollo de su diámetro y del volumen del árbol o masa. (Wabo, 2002).

El desarrollo de un árbol es una reacción a las influencias ambientales en el lugar donde crece el árbol. Con el tiempo y a lo largo de la vida de un árbol, los diferentes elementos ambientales presentan conductas diferentes maneras: a) Presentan conductas constantes a lo largo de un periodo, como la altitud, la exposición y la textura del suelo donde se desarrolla, b) se comportan periódicamente en el tiempo (Perez, 2016).

En el proceso de anabolismo o síntesis y catabolismo, el crecimiento es producto de ello; es decir, producido por la actividad fisiológica de la planta, el primer proceso captura la energía necesaria para producir tejidos y para cumplir con las funciones del organismo; el segundo mantiene los tejidos y en este proceso consume y libera parte de la energía mediante la respiración, el aumento de tamaño en el tiempo se puede expresar en términos de incremento donde los parámetros más evaluados son ; diámetro, altura, área basal o volumen (Louman et al.2021).

### **Crecimiento primario**

En las especies forestales principalmente en las raíces, tallos y ramas de los árboles, se encuentran los meristemos apicales ubicados en las puntas, estos

originan el crecimiento en longitud de la raíz, tallos y ramas, hay otros tipos de meristemos que se ubican en las ramas y crean nuevas estructuras como hojas flores y frutos (Esaú, 2005),

### **Crecimiento secundario**

Es el incremento de diámetro de las raíces, tallos y ramas, crecimiento en longitud, generalmente se da en la mayoría de las dicotiledóneas y gimnospermas, mientras que las monocotiledóneas no tienen crecimiento secundario y si lo tienen defieren del patrón típico de las dicotiledóneas (Gadow et al.2008).

En varias plantas vasculares, el crecimiento secundario es el resultado de la actividad de los meristemos laterales, el felógeno y el cambium vascular, a partir de los meristemos laterales del crecimiento secundario incrementa el diámetro de la planta en la raíz o el tallo más que en su longitud, siempre que los meristemos laterales produzcan nuevas células el tallo o la raíz continuara creciendo en diámetro, en plantas leñosas esto conduce a la formación en madera (Gadow et al.2008).

### **Crecimiento de los brotes**

Es el efecto del desarrollo de primordios, por lo común permanecen en un estado de latencia durante un cierto periodo en el interior de las yemas, las diferencias existen en el momento del inicio y de la elongación de estos primordios dan como resultados a 3 tipos de desarrollo de los brotes: crecimiento libre, crecimiento fijo y crecimiento libre-fijo (Costa y Plumed 2016).

### **Crecimiento libre**

Está representado por especies que tienen el desarrollo de los epicótilos de plántulas de coníferas y latifoliadas durante su primer año de vida y por el tipo de

crecimiento de algunos géneros como *Juniperos*, *thuja* y *Chacnecypares*, se caracteriza porque no produce yemas en reposo (Klepac 1976).

### **Crecimiento fijo**

En el inicio del desarrollo tiene un proceso que dura 2 años y presenta la formación de una yema durante el primer año, su hibernación y crecimiento en un brote en el siguiente año (Young, 1991).

### **Crecimiento libre – fijo**

Es la combinación del crecimiento libre y fijo

#### **2.3.2. Incremento de un árbol**

A medida que un árbol crece, sus dimensiones aumentan (diámetro, altura y volumen). Este crecimiento del árbol en un periodo de tiempo determinado se llama incremento en las cuales interviene muchos factores; tiempo, genética de la especie, calidad de sitio, sanidad vegetal y manejo forestal, los incrementos de interés en un árbol son: incremento del árbol en diámetro, incremento del árbol en altura, incremento del árbol en volumen y por analogía se habla del incremento de una masa o bosque (Navar y Domínguez, 2013).

Dentro de la epidometría, se considera la definición de incremento, como la cantidad de la cual un parámetro o característica dasométrica crece en un periodo determinado la evaluación del incremento se expresa en función del tiempo y el objetivo del evaluador (Ocampo, 1994).

El periodo de tiempo puede ser expresado en días, meses, años o décadas, este incremento puede ser obtenido para las variables dendrometrías diámetro, altura,

volumen y área basal (Irma & Encinas 2008). Teniendo así las evaluaciones que más presentan el incremento.

**Incremento corriente anual (ICA):** Es un indicador que expresa el crecimiento ocurrido entre el inicio y el final de la estación de crecimiento, en un periodo de 12 meses equivalente a un año, este crecimiento también es conocido como crecimiento acumulado, incremento corriente anual o simplemente como incremento anual (IA) correspondiendo a lo que el árbol creció en el periodo de un año. Es la diferencia entre las medidas tomadas al fin y al principio de un año en especial (Imaña y Encinas 2008).

$$\text{ICA} = Y_{(T+1)} - Y_{(T)}$$

Donde:

ICA= incremento corriente anual

Y= dimensión de las variables considerada

t = tiempo

**Incremento periódico (IP):** Es el crecimiento de un árbol o una masa en un tiempo determinado.

$$\text{IP} = Y_{(t+n)} - Y_{t0}$$

Donde:

IP=Incremento periódico

Y=Dimensión considerada

t= edad

n=periodo de tiempo

cuando n=1, entonces IP =ICA

**Incremento total (IT):** Es el crecimiento de un árbol o una masa durante toda su vida

$$IT=Y_0 + Y_t$$

Donde:

IT=incremento total

Y=Dimensión de la variable considerada

t=tiempo

**Incremento periódico anual (IPA):** Es el promedio anual del incremento periódico.

$$IPA=IP^-$$

Donde:

IPA= incremento periódico anual

IP= promedio del incremento periódico

**Incremento medio anual (IMA):** Expresa la medida del crecimiento total a cierta edad del árbol. Es obtenido por la división del valor actual de la variable considerada dividida por la edad (Andrade y Tigua,2022, p.10).

$$IMA=Y_1/T_0$$

Donde:

IMA=incremento medio anual

T<sub>0</sub>= edad a partir el tiempo cero

Y= dimensión de la variable considerada.

## **2.4. Métodos para medir el diámetro**

El diámetro es la medida cuantitativa más importante en las evaluaciones de los bosques por dos razones principales: a) es un indicador que nos da la información sobre el crecimiento (grosor) de los macizos y puede usarse como referencia adecuada o no para otros datos como su altura y por supuesto la especie en cuestión. b) si se realizan mediciones periódicas, es posible obtener estimaciones de crecimiento y pronósticos.

### **2.4.1. Diámetro del fuste**

El grosor del tronco es una medida forestal para calcular el volumen de madera. En el cultivo urbano, el dap de los macizos permite obtener datos sobre el diámetro del árbol frente al crecimiento y tomar decisiones de manejo. Entre los instrumentos que nos ayuda a recoger la información del diámetro en los troncos hasta 80 cm de diámetro es la Forcípula (Castellano y Ramírez, 2000).

## **2.5. Estimación del volumen para árboles en pie**

En palabras de Carabelli et al. (2004) la medida más utilizada para determinar la cantidad de madera maciza es el volumen. Es posible identificar distintas clases de volumen en un árbol. Considerando todos los elementos del árbol de forma completa, todos los componentes de tamaño comercial; la cantidad de residuos consiste en partes de árboles con imperfecciones y tamaños más pequeños o no comerciales; es también una nomenclatura de volumen total, evaluando el diámetro comercial (diámetro límite de aplicación), incluidos los defectos, de los cuales se restan los defectos para obtener el volumen neto. Estos volúmenes se pueden expresar con o sin piel.

Para comprender con suficiente precisión el volumen del árbol o de sus partes, podemos seguir diferentes caminos:

1. Con drenaje (principio de Arquímedes)
2. Por peso (relación entre volumen y peso)
3. A través del cubo (medida de dimensiones geométricas)

Los métodos 1 y 2 presentan muchas dificultades, pese a que son más precisos que el 3. El cubicar ayuda a conseguir el volumen del árbol midiendo ciertos elementos DAP (diámetro, altura y pecho) y altura y dimensiones del árbol en pie, como el grosor, el ancho y la longitud del árbol para el tablón aserrada.

### **2.5.1. Determinación del volumen de madera**

Dada la configuración común del árbol, el volumen del árbol es aproximado diferentes tipos de dendrogramas o rotadores, pero por supuesto asignar geometría pura no es un reflejo de la realidad.

#### **a) Método clásico**

Según Ammour, et al (2012) este método admite que la forma del tallo, en su totalidad o en partes, se parece a sólidos geométricos básicos (cilíndricos, paraboloides, conos o sólidos lineales) o tallos de estos sólidos. Este cuerpo solido se consigue a través de fórmulas específicas, que a su vez se manipulan para el volumen de macizos y troncos.

Los autores manifiestan que la obtención del volumen se realiza mediante el inventario de macizos en pie, para lo cual se estima en base al DAP, la altura y la forma de los macizos. La fórmula generalmente empleada en el cálculo del volumen de macizos es la siguiente:

$$V = AB * h * f$$

Donde:

V = volumen del árbol en m<sup>3</sup>

AB = área basal en m<sup>2</sup>

h = altura comercial del árbol en m.

f = factor de forma

- **Área Basal**

El área de la sección transversal se define como la suma de todos los troncos por unidad de área de medida al nivel del DAP y número de macizos. Con base en el área de la sección transversal y el número de macizos por unidad de área, el diámetro cuadrático medio se puede obtener directamente. Estos dos términos, área de la sección transversal y diámetro cuadrático medio, son semejantes y se emplean como indicadores de densidad (Husch,1993).

$$AB = \pi \frac{DAP^2}{4}$$

Donde:

AB = Área basal (m<sup>2</sup>)

Π = pi (3.1416)

DAP = diámetro (1.30 m desde la base del árbol)

- **Factor de forma**

El factor de forma hace referencia a la forma del árbol, este factor de reducción se emplea ya que la madera no es cilíndrica; de hecho, su volumen es continuamente inferior que el del cilindro. Para conseguir el factor de reducción, el volumen real del macizo se divide

por el volumen del cilindro, cuyo diámetro se mide a la altura del pecho del árbol. Cada especie de macizos posee su propio factor de forma que cambia con el periodo de crecimiento (López, 2012). Para calcular el factor de forma se emplea la siguiente fórmula:

$$f = Vr/Vc$$

Donde:

f = factor de forma

Vr = volumen real del árbol determinado al trocear el árbol físicamente.

Vc = volumen cilíndrico del árbol a partir de su área basal a 1.3 m de altura.

El autor también menciona los valores del factor de forma del fuste como se puede observar a continuación:

- Cono 0.50 - 0.70 (*cuando  $dn \leq 30$  cm se emplea 0.70 y cuando el  $dn \geq 30$  cm se emplea 0.5 y 0.6*).
- Cilíndrico  $\geq 0.85$
- Neiloide 0.35 - 0.5
- Paraboloides 0.70 - 0.85

## **2.6. Muestreo**

Los métodos de muestreo en la práctica de la mitología se manifiestan de dos maneras: con limpieza de muestras y actualización de muestras. Una estimación de muestra incluye recolectar datos de manera parcial de los ciudadanos, objetos, etc., que luego pueda ser incorporados a la misma, con el fin de analizar cuestiones de interés para investigaciones relevantes. El muestreo examina una parte del total de la población (Carrasco, 2019).

## **2.7. Parcela de muestreo**

Este tipo de parcelas se establecen con el propósito de mantenerlo en el bosque por tiempo indefinido, y su demarcación adecuada permitió determinar la ubicación exacta de sus límites y puntos de referencia a lo largo de tiempo, y analizar a cada individuo que lo hizo y a la comunidad para obtener la mayor cantidad de información (Brenes, 1990).

## **2.8. Incremento medio anual**

El crecimiento de los árboles y masas forestales depende de que los macizos consigan recursos naturales como; agua, luz, nutrientes del medio ambiente y utilicen estos recursos para establecer el dióxido de carbono atmosférico y convertirlo en biomasa mediante la fotosíntesis. El incremento medio anual (IMA) es la edad desde que se plantó el árbol o la plantación. El cálculo se realiza dividiendo el crecimiento acumulado en un tiempo establecido por la edad del macizo o plantación equivalente. Para determinar el crecimiento se toma en cuenta el diámetro (cm/año), altura (m/año), área basal ( $m^2/ha.año$ ), volumen ( $m^3$ ) (Espinoza y García, 1994).

## 2.9. Definición de términos

- a. **Altura comercial:** se refiere a la altura desde el tocón hasta el diámetro del tronco donde el árbol ya no se puede cortar en troncos para la venta (Young, 1999).
- b. **Área basal:** es el acercamiento del área de corte transversal de un árbol (Rolando, 1996).
- c. **Bosque:** son ecosistemas en el que las especies de árboles dominan en cada etapa de desarrollo y donde las copas de los árboles cubren más del 10 % del área terrestre (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020).
- d. **Dasometría:** es la ciencia que implica estimar y medir el tamaño del árbol y los bosques, su incremento y sus productos (Rolando, 1996).
- e. **Diámetro de altura del pecho (DAP):** es la medición de la altura del diámetro del tronco. En biometría forestal, la altura es de 1,0 m del suelo, puesto que es la altura media a la que se encuentra el pecho de un individuo (Wabo, 2002).
- f. **Incremento volumétrico:** es el incremento del tamaño en un lapso de tiempo establecido. Este incremento radica en el fraccionamiento, aumento, y engrosamiento celular que generan que los plantíos cambien de peso, volumen y de forma (Guía de crecimiento, 2013).
- g. **Incremento medio anual (IMA):** es el incremento anual promedio a cualquier edad desde el establecimiento del árbol (Guía de crecimiento, 2013).
- h. **Inventario forestal:** implica la recopilación metódica de datos sobre los recursos forestales en un área establecida (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2018).

- i. Rodales forestales:** son árboles en espacios con características semejantes para un mejor manejo. A estos espacios se les conoce como rodales (Corvalán & Hernández, 2006).
- j. Volumen maderable:** es el medidor de volumen de madera maciza más empleada. Se puede identificar diferentes clases de volumen en un árbol.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

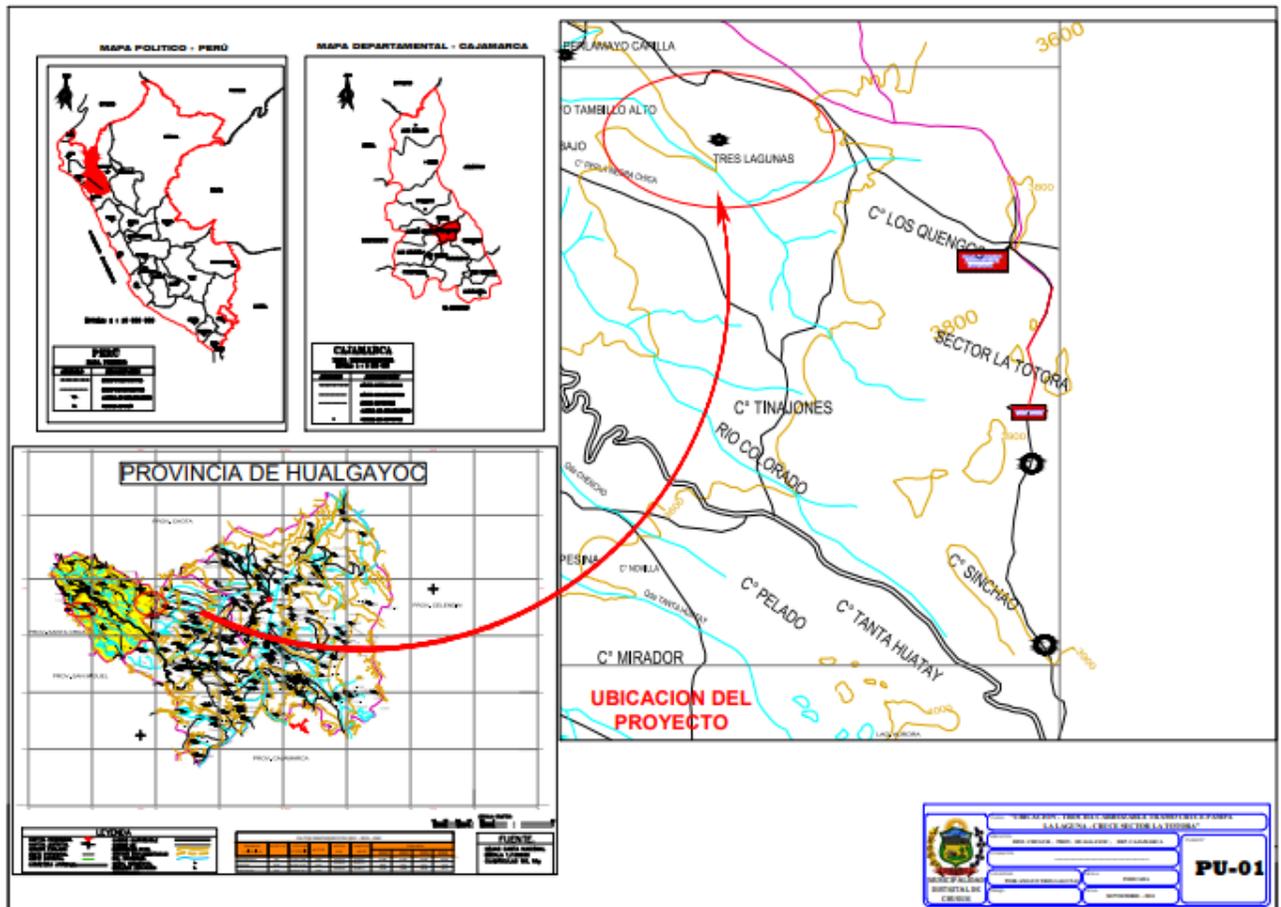
#### 3.1 Descripción del área de estudio

##### 3.1.1 Ubicación política y geográfica

El presente estudio se llevó a cabo en la comunidad de Tres Lagunas, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Con una altitud de 3684 msnm, encontrándose en los puntos cardinales siguientes: por el norte con la comunidad de Pampa La Laguna, Sur se encuentra la comunidad de Pampa Grande, este con el centro poblado de Moran Alto y por el oeste con la comunidad de Tambillo Alto (ver figura 1).

**Figura 1**

*Mapa de Ubicación del área de estudio*



### **3.1.2 Accesibilidad**

Para llegar a la comunidad de Tres Lagunas. distrito de Chugur, es por la vía principal asfaltada desde la ciudad de Cajamarca -Bambamarca, la cual tarda unas 3.5 h, del km 78.8 hay un desvío hacia la izquierda, se continua por una trocha carrozable, hasta llegar a un segundo desvío denominado los Linares, luego se dirige hacia la derecha, hasta llegar al lugar de las plantaciones en estudio, teniendo una distancia de unos 98.6 km en total, desde la ciudad de Cajamarca. También existe otro acceso alternativo por la ciudad de Chota, se avanza por la vía asfaltada chota- Bambamarca, en el km 07 hay un desvío hacia la derecha donde se continua por una trocha carrozable por el lugar denominado Iraca Chica, se sigue avanzando hasta llegar a un desvío, por la parte izquierda hasta llegar a la comunidad de Ciliero Pata, se sigue a la derecha pasando por la comunidad de pampa la laguna, siguiendo la trocha carrozable hasta llegar a la zona de estudio.

### **3.1.3 Clima**

El clima de la comunidad de Tres Lagunas - Chugur es característico de un bosque montano, con precipitaciones anuales variables que van desde los 732.1 mm hasta los 1452.3 mm; temperatura promedio de 6.76 °C - 21.84 °C, en época seca con clima seco el promedio mensual es de 40.3 % y en época de lluvias el promedio mensual es de 79.59 % (ZEE, 2021).

### **3.1.4 Suelo**

Los suelos de la zona de estudio corresponden al Páramo andosol, suelos negros de paisajes volcánicos así mismo presenta afloramientos rocosos que se encuentran en

espacios empinados y elevados, las cuales tienen capacidad agrológica baja, están propensas a erosión (Roncal et al., 2019).

### **3.1.5 Geología**

En la zona de estudio, se deriva formaciones: Volcánica huambos (Nm-vh) presenta rocas ígneas volcánicas de cuarzo de hasta 3 mm; Formación Yumagual (Ks – yu) compuesta por margas y calizas gris; Volcánica Llama (Pr –vll) muestra una secuencia gruesa de volcánicas; Formación Chulec (Ki – chu) tiene tipos rocas calizas, calcáreas y lutitas; Formación Pariatambo (Ki – pa) compuesta por fosilífera de rocas calizas arenosas; Formación Celendín (Ks – ce) que presenta lutitas, margas y calizas de color claro amarillo; y Grupo Goyllarisquizga (Ki – g) compuesto por estratos macizos de 20 a 801 cm de grosor (Roncal et al., 2019).

### **3.1.6 Geomorfología**

En la comunidad de Tres Lagunas – Chugur se computan las unidades geomorfológicas bien establecidas: Ladera de montaña empinada en rocas del neógeno (LME – RN), comprendida por laderas de montaña, Ladera de montaña empinada en rocas del cretáceo superior (LME – RES) Montaña moderadamente empinada en rocas del paleógeno y neógeno (MME – RPN) y la vertiente montañosa empinada en rocas del cretáceo superior (VME – RES) (Roncal et al., 2019).

## **3.2 Materiales y equipos**

### **3.2.1 Material experimental**

- Plantaciones de *Pinus patula Schiede ex Schltdl y Cham*, en la comunidad de Tres Lagunas.

### **3.2.2 Equipos, materiales e instrumentos de campo**

#### **3.2.2.1 Equipos**

- Navegador (GPS)
- Hipsómetro de Suunto PM5-1520
- Cámara fotográfica.

#### **3.2.2.2 Materiales**

##### **a) De campo**

- Wincha de 100 m
- Cinta métrica
- Estacas de madera
- Etiquetas enumeradas
- Machete

##### **b) De gabinete**

- Computadora
- Impresora

### 3.3 Metodología

El proceso metodológico de la presente investigación es un diseño de tipo no experimental, ya que los datos se obtuvieron de las plantaciones de *Pinus patula Schiede ex Schltdl y Cham*, sin alterar o manipular las variables de estudio. De enfoque cuantitativo, dado que los datos obtenidos se procesaron a través de la estadística descriptiva (Cajal, 2017).

La metodología del estudio se realizó en dos fases: de campo y de gabinete.

#### Determinación del tamaño de muestra

En el presente estudio se estableció el tamaño de muestra de acuerdo a la metodología propuesta por la FAO (2008), donde se recomienda crear parcelas de muestra de 20 m x 25 m (500 m<sup>2</sup>), de forma rectangular y en el sentido de la pendiente para caso de plantaciones. Para el muestreo se tuvo en cuenta el área de cada uno de las plantaciones en estudio que fueron de 5.10 ha, 6.40 ha y 5.80 ha, con 21, 15 y 10 años de edad hasta el 2022, respectivamente.

**Tabla 1**

*Área de las plantaciones identificadas y edad hasta el año 2022*

Propietarios	Año de Plantación	Edad (años)	Superficie (ha)
Isidoro Azula Guevara	2001	21	5.10
Moisés Vásquez Azula	2007	15	6.40
Lino Ríos Dávila	2012	10	5.80
<b>Total</b>			<b>17.30</b>

De las 17.30 ha elegidas (tres plantaciones) se seleccionó 1000 m<sup>2</sup> como muestra de cada una de las edades de las plantaciones.

### **Distribución y ubicación de las parcelas a ser estudiadas**

La ubicación de las parcelas de muestreo se efectuó de manera aleatoria simple. De acuerdo con Tomppo et al., (2002) las parcelas se ubicaron al azar en la población muestreada, ya que puede haber grupos espaciales o áreas vacías en la distribución de parcelas, pero sigue siendo una prueba válida de probabilidad.

#### **3.3.1 Fase de campo**

##### **3.3.1.1 Reconocimiento del área de estudio**

Para el reconocimiento del área de estudio, se hizo una visita al terreno, en compañía de los propietarios, quienes nos mostraron sus plantaciones; habiendo identificado el área y situación actual de las plantaciones.

La plantación ha sido establecida con distanciamiento de siembra de 3m x 3m sistema tres bolillos en las seis parcelas. Este distanciamiento de siembra mantiene una relación con su crecimiento de los individuos de la especie, dado que *Pinus patula Schiede ex Schltdl y Cham.* que requiere de suficiente luminosidad siendo un factor primordial para su desarrollo.

##### **3.3.1.2 Selección del área en estudio**

La selección del área de estudio se realizó tomando como base lo indicado por la metodología de Gómez et al. (2016), quien señala que el criterio de selección de un área de estudio se basa en características como la calidad del terreno, presencia de organismos en el suelo y condiciones climáticas.

##### **3.3.1.3 Georreferencia de la plantación**

Para la delimitación de las parcelas de muestreo y plantaciones se efectuó mediante el GPS Garmin Etrex 32X; para una mejor ubicación (ver tabla 2).

**Tabla 2***Coordenadas UTM - del área de estudio*

<b>Edad</b>	<b>Parcela</b>	<b>Vértice</b>	<b>N</b>	<b>E</b>
		1	- 6.676020	- 78.69054
		2	- 6.676568	- 78.689986
	1	3	- 6.676082	- 78.690384
		4	- 6.675867	- 78.689988
<b>10</b>		1	- 6.676569	- 78.690017
		2	- 6.676815	- 78.690444
	2	3	- 6.676328	- 78.690873
		4	- 6.676051	- 78.690415
		1	- 6.676989	- 78.683214
		2	- 6.676444	- 78.689285
	1	3	- 6.675714	- 78.689561
		4	- 6.676079	- 78.689346
<b>15</b>		1	- 6.676907	- 78.690474
		2	- 6.677365	- 78.690290
	2	3	- 6.677707	- 78.690780
		4	- 6.677092	- 78.690781
		1	- 6.675783	- 78.690855
		2	- 6.676103	- 78.690695
<b>21</b>	1	3	- 6.676279	- 78.690943
		4	- 6.676154	- 78.691121

	1	- 6.677222	- 78.690460
	2	- 6.677400	- 78.690726
2	3	- 6.677151	- 78.690994
	4	- 6.677080	- 78.690798

### 3.3.1.4 Descripción de la plantación

Las plantaciones en estudio fueron establecidas en el ámbito de la comunidad de Tres Lagunas, distrito de Chugur, provincia Hualgayoc, departamento de Cajamarca, plantadas en los años 2001, 2007 y 2012, con una edad de 10, 15 y 21 años, hasta el año 2022 respectivamente, de acuerdo a los propietarios del terreno y según registro de plantación de la Gerencia de Desarrollo Económico, de la Municipalidad Distrital de Chugur, han sido instalados en una superficie total de 17.30 ha, tienen características morfológicas y fisiológicas buenas, es decir presentan buen estado fitosanitario (no presenta ataque plagas ni enfermedades), el distanciamiento de siembra de la plantación es de 3m x 3m entre planta y planta en sistema tres bolillo, así como no presenta ningún manejo forestal.

#### Prácticas silvícolas

Las labores silvícolas en las plantaciones de estudio, son muy escasas, se puede presenciar algunas limpiezas y podas realizadas incorrectamente en forma tardía por los propietarios de las plantaciones, no se evidencia ninguna, otra actividad silvícola en dichas plantaciones.

## **Pendiente**

Es ligeramente inclinada a moderadamente empinada en un rango de (8 – 15%) se encuentra en la región jalca.

Las plantaciones en estudio de las diferentes edades, se encuentran expuestas a las mismas variables edafoclimáticas por lo que estas no influyen entre sí en el crecimiento e incremento volumétrico, intercediendo solamente en la diferencia de edad.

### **3.3.1.5 Establecimiento de parcelas**

De acuerdo con la FAO (2018) las unidades de muestreo fueron establecidas con el fin de realizar el inventario y recoger los datos, observaciones, mediciones y entrevistas a distintos niveles.

En tal sentido, las parcelas tuvieron formas rectangulares de 20 m x 25 m (500 m<sup>2</sup>); que empieza en cada esquina de un cuadrado interior, cada una en dirección a la pendiente. Utilizando un cordel y una wincha de 100 m, se delimito dos parcelas por cada edad de plantación.

### **3.3.1.6 Medición de parámetros dasométricos**

Conforme indica FAO (2004) en su manual de campo, los datos de gran importancia comercial son la altura total, altura comercial y el DAP, que son bases para determinar el crecimiento e incremento de las plantaciones, la medición se realizó a todos los árboles existentes en cada una de las parcelas (06 parcelas), de las edades de 10, 15 y 21 años, utilizando los equipos de campo como; la wincha, cinta métrica y hipsómetro de suunto.

### **A. Medición de la altura total (Ht)**

La altura total se midió desde el nivel del suelo hasta la yema terminal más alta del árbol; utilizando el Hipsómetro de Suunto.

### **B. Medición de la altura comercial (Hc)**

La medición de la altura comercial se realizó desde el nivel de tocón hasta la última porción aprovechable del árbol, utilizando el Hipsómetro de Suunto.

### **C. Medición del DAP**

Se midió el diámetro de cada uno de los árboles de las parcelas, a la altura del pecho 1.30 m sobre el terreno, utilizando una cinta métrica, cuyos datos fueron convertidos al DAP.

## **3.3.2 Fase de gabinete**

Esta fase, consistió en revisar, digitar y estimar los datos obtenidos en la fase de campo mediante la hoja de cálculo Excel, luego se procedió a estimar los datos dasométricos.

### **3.3.2.1 Cálculo del área basal**

De acuerdo con (Husch, 1993) el área de la sección transversal al nivel de DAP.

Para estimar el área basal (g) se utilizó la siguiente fórmula:

$$g = \pi \frac{DAP^2}{4}$$

Donde:

g= Área basal (m<sup>2</sup>)

π= pi (3.1416)

DAP= diámetro a la altura del pecho (1.30 m desde la base del árbol)

### 3.3.2.2 Cálculo del volumen total

Según el (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2013) la cuantificación de árboles en pie es más sutil que la cuantificación de árboles apeados, porque presupone conocimiento previos o estimaciones de ciertas características de los árboles. Para la estimación del volumen total se empleó la siguiente fórmula:

$$Vt = AB * Ht * f$$

Donde:

Vt = volumen total

AB = área basal

Ht = altura total

F = factor de forma, para este estudio se consideró 0.65, por ser el más adecuado para calcular volúmenes en plantaciones de coníferas.

### 3.3.2.3 Cálculo del incremento medio anual (IMA)

De acuerdo con la metodología de Hernández & Meraz, (2020) se evaluó el incremento medio anual para el área basal en m<sup>2</sup> / ha/ año; para lo cual, se empleó la siguiente ecuación:

$$IMA = \frac{\sum \text{parámetro}}{\text{edad}}$$

Donde:

IMA = Incremento medio anual, indicado en cm/año ó m/año

Parámetro = Sumatoria DAP o altura, área basal, etc.

#### 3.3.2.4 Cálculo del incremento total (IT)

Para determinar el incremento total se empleó los datos recolectados en campo como: la altura total, altura comercial y el área basal de cada una de los árboles en estudio. Empleando la metodología de Hernández & Meraz, (2020), se calculó el incremento total en función a la edad y el tiempo, para lo cual se utilizó la siguiente formula:

$$\mathbf{IT = Y_0 + Y_t}$$

Donde:

IT = Incremento total

Y0 = Inicio de plantación

Yt = edad de la plantación

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Determinación del volumen total y comercial en diferentes edades

En base a los datos de los parámetros medidos a todos los árboles en cada una de las parcelas durante el inventario, se han calculado sus áreas basales y volúmenes utilizando la formulas indicadas por Husch (1993) y MIDAGRI (2013), luego fueron sumados para saber el área basal y volúmenes por edades y parcelas, como se podrá ver los resultados en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Cálculo de los variables del volumen total y comercial por edades y parcelas*

Edad (años)	Parcela N°	N° Árboles/Parcela	ÁB/Parcela (m <sup>2</sup> )	Vt/Parcela (m <sup>3</sup> )	Vc/Parcela (m <sup>3</sup> )
10	1	55	0.5577	4.0060	3.5270
	2	57	0.8497	6.1500	5.4620
<b>TOTAL</b>		<b>112</b>	<b>1.4074</b>	<b>10.1560</b>	<b>8.9890</b>
15	3	54	1.2870	12.6760	11.6280
	5	52	1.2548	11.9740	10.8230
<b>TOTAL</b>		<b>106</b>	<b>2.5418</b>	<b>24.6500</b>	<b>22.4510</b>
21	4	52	1.7981	18.5890	15.7100
	6	56	1.9903	21.6070	19.5510
<b>TOTAL</b>		<b>108</b>	<b>3.7884</b>	<b>40.1960</b>	<b>35.2610</b>

En la Tabla 3, se puede observar en las parcelas 1 y 2 con árboles con una edad de 10 años presentan un área basal de 1.4074 m<sup>2</sup>, un volumen total de 10.1560 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 8.9890 m<sup>3</sup>; en las parcelas 3 y 5 con árboles con una edad de 15 años presentan un área basal de 2.5418 m<sup>2</sup>, un volumen total de 24.6500 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 22.4510 m<sup>3</sup>, y en las parcelas 4 y 6 con árboles con una edad de 21 años presentan un área

basal de  $3.7884 \text{ m}^2$ , un volumen total de  $40.1960 \text{ m}^3$  y un volumen comercial de  $35.2610 \text{ m}^3$ . Por lo tanto, podemos deducir que a medida que los años pasan (del año 10 hasta el año 21) el volumen total de los árboles incrementa en un  $5.39 \text{ m}^3$ ; es decir, aumentado la cantidad de madera calculada en  $\text{m}^3$ . Asimismo, el volumen comercial aumentado (desde el año 10 hasta el año 21) en  $3.82 \text{ m}^3$ , lo que significa que el volumen obtenido en las diferentes edades aumenta proporcionalmente de acuerdo a su edad siguiendo la tendencia natural de crecimiento, lo cual significa que las plantaciones tienen incremento total en volumen proporcional al tiempo.

Los resultados muestran que a una edad promedio de 15.33 años, el área que ocupan los árboles en base a un rodal es de  $2.58 \text{ m}^2$ , un volumen total por parcela de  $25 \text{ m}^3$  y volumen comercial por parcela de  $22.23 \text{ m}^3$ . De lo cual se puede inferir, que durante los años de estudio (10, 15 y 21 años de edad) se ha incrementado el espacio por rodal, los volúmenes totales y comerciales. Estos resultados son homogéneos al estudio de Marcelo et al. (2022), el cual demostró a una edad de 48 años el área basal incremento en  $45.47 \text{ m}^2$ , y un volumen total por parcela de  $45 \text{ m}^3$  y un volumen comercial por parcela de  $41 \text{ m}^3$ . De igual manera Cruz et al. (2022), reportó un incremento por parcela de los datos dasométricos: área basal  $24.20 \text{ m}^2$ , volumen total  $43.20 \text{ m}^3$  y volumen comercial de  $38.10 \text{ m}^3$ , según el coeficiente de suma de cuadrados con un valor estimado de 26.11 y 6.78 respectivamente. Es decir, que las medias o promedios de los datos dasométricos incrementaron por parcela en relación a los años que pasaron.

#### 4.2 Evaluación de las variables dasométricas por hectárea

Las investigaciones que realizan siempre se expresan los incrementos de la madera en m<sup>3</sup>/ha por lo que es necesario inferir los datos a ha tanto a nivel de parcelas como de toda el área de la plantación identificada para el estudio, de esta forma determinar el incremento medio anual (IMA), por lo que se calculó, obteniendo los resultados indicados en las Tablas 4 y 5, respectivamente.

**Tabla 4**

*Variables dasométricas de área basal, volumen total y comercial por hectárea*

Edad (años)	Parcela N°	Número de árboles	AB/Ha (m <sup>2</sup> )	Vt/Ha (m <sup>3</sup> )	Vc/Ha (m <sup>3</sup> )
<b>10</b>	<b>1</b>	55	11.154	80.120	70.540
	<b>2</b>	57	16.994	123.000	109.240
$\Sigma$		112	28.148	203.120	179.780
<b>Promedio</b>		<b>56</b>	<b>14.074</b>	<b>101.560</b>	<b>89.890</b>
<b>15</b>	<b>3</b>	54	25.740	253.520	232.560
	<b>5</b>	52	25.096	239.480	216.460
$\Sigma$		<b>106</b>	<b>50.836</b>	<b>493.000</b>	<b>449.020</b>
<b>Promedio</b>		<b>53</b>	<b>25.418</b>	<b>246.500</b>	<b>224.510</b>
<b>21</b>	<b>4</b>	52	35.962	371.780	314.200
	<b>6</b>	56	39.806	432.140	391.020
$\Sigma$		108	75.768	803.920	705.220
<b>Promedio</b>		<b>54</b>	<b>37.884</b>	<b>401.960</b>	<b>352.610</b>

Se observa en la Tabla 4, que las parcelas 1 y 2 con árboles con una edad de 10 años presentan un área basal por ha de 14.074 m<sup>2</sup> en promedio, un volumen total por ha de 101.56 m<sup>3</sup> en promedio y un volumen comercial por ha de 89.89 m<sup>3</sup> en promedio; en las parcelas 3 y 5 con árboles con una edad de 15 años presentan un área basal por ha de 25.418 m<sup>2</sup> en promedio, un volumen total por ha de 246.5 m<sup>3</sup> en promedio y un volumen comercial por ha de 224.51 m<sup>3</sup> en promedio, y en las parcelas 4 y 6 con árboles con una edad de 21

años presentan un área basal por ha de 37.884 m<sup>2</sup> en promedio, un volumen total por ha de 401.96 m<sup>3</sup> en promedio y un volumen comercial por ha de 35.2610 m<sup>3</sup> en promedio. En conclusión, podemos deducir que a medida que los años pasan (del año 10 hasta el año 21) el volumen total de los árboles por ha incremento en un 250.006 m<sup>3</sup> en promedio; es decir, ha aumentado la cantidad de madera en metros cúbicos desde la base del fuste hasta el ápice del árbol por ha. Asimismo, el volumen comercial por hectárea ha aumentado (desde el año 10 hasta el año 21) en 222.337 m<sup>3</sup> en promedio, es decir, ha incrementado el volumen del árbol por ha de acuerdo a la edad.

En relación, al promedio de área basal de *Pinus patula* obtenido en esta investigación para 10, 15 y 21 años de edad fueron de 14.074 m<sup>2</sup>/ha, 25.418 m<sup>2</sup>/ha y 37.884 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente; mientras en volumen total (Vt) para 10 años es de 101.560 m<sup>3</sup>/ha y volumen comercial (Vc) 89.890 m<sup>3</sup>/ha; para 15 años un Vt de 246.500 m<sup>3</sup>/ha y Vc 224.510 m<sup>3</sup>/ha; y para 21 años el Vt fue de 401.960 m<sup>3</sup>/ha y Vc 352.610 m<sup>3</sup>/ha, siendo superior al promedio de crecimiento obtenido en volumen total por Uranga (2014) que es de 340 m<sup>3</sup>/ha a una edad de 20 años, pero a un año menos; por su parte Romero (2002) en su estudio realizado en Cajamarca estimo como producción de 318 m<sup>3</sup>/ha y en Puno 332 m<sup>3</sup>/ha a los 25 años; Marcelo et al (2022) realizaron un estudio en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén (Granja Porcon), donde estimaron un volumen total y volumen comercial de 718.44 m<sup>3</sup>/ha y 277.06 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente; a estos datos comparando con lo del presente estudio están a un nivel de producción más o menos equiparados, el inconveniente es que no especifican la edad, por otro lado, en Granja Porcon es superior el volumen total, lo cual puede deberse por ser plantaciones con manejo forestal y mejor técnica utilizada en su establecimiento.

**Tabla 5**

*Determinación del área basal, volumen total y comercial de las plantaciones seleccionadas de Pinus patula*

<b>Año Plantación (años)</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Área Total Plantación (ha)</b>	<b>Volumen Total, Plantación (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen Comercial Plantación (m<sup>3</sup>)</b>
2012	10	5.80	589.048	521.362
2007	15	6.40	1577.600	1436.864
2001	21	5.10	2049.996	1798.311

Se observa en la Tabla 5, que las parcelas 1 y 2 con árboles plantados en el año 2001 que tienen una edad de 10 años con una extensión total de 5.8 ha, con un volumen total de 589.05 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 521.4 m<sup>3</sup>; mientras que en las parcelas 3 y 5 con árboles que fueron plantados en el 2007 con una edad de 15 años en un área total de 6.4 ha, con un volumen total de 1577.6 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 1436.9 m<sup>3</sup>; finalmente en las parcelas 4 y 6 plantados en el 2012 que tiene una edad de 21 años con una área total de 5.1 ha, un volumen total de 2049.9 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 1798.3 m<sup>3</sup>. En conclusión, se evidencia un incremento del volumen total del conjunto de árboles plantados en promedio de 1405.52 m<sup>3</sup>, asimismo, se evidencia un incremento del volumen comercial del conjunto de árboles plantados en promedio fue de 1252.20 m<sup>3</sup>.

### 4.3 Determinación del incremento medio anual (IMA) de *Pinus patula*

#### 4.3.1 Determinación del crecimiento del DAP y alturas en diferentes edades

Para conocer el crecimiento promedio del diámetro a la altura del pecho (DAP) y de las alturas total (Ht) y comercial (Hc) de todos los árboles evaluados se sumó por edades y parcelas, luego se dividió la sumatoria entre el número de individuos, obteniendo como resultados promedios por árbol, lo siguiente: para la edad de 10 años (56 árboles) 11.72 cm de DAP, 10.09 m de altura total y 8.89 m de altura comercial; para la edad de 15 años (53 árboles), 17.26 cm de DAP, 13.57 m de Ht, y 12.32 m de Hc; y para 21 años (54 árboles), 20.83 cm de DAP, 14.91 m de Ht y 12.95 m de Hc, (ver Tabla 7).

**Tabla 6**

*Crecimiento promedio de los parámetros del *Pinus patula* según la edad*

Edad (años)	Parcela N°	N° Árbol/Parcela	DAP/Árbol (cm)	Ht/Árbol (m)	Hc/Arbol (m)
10	1	55	11.14	9.93	8.68
	2	57	12.29	10.24	9.09
<b>Promedio</b>		<b>56</b>	<b>11.72</b>	<b>10.09</b>	<b>8.89</b>
15	3	54	17.19	13.74	12.57
	5	52	17.34	13.39	12.07
<b>Promedio</b>		<b>53</b>	<b>17.26</b>	<b>13.57</b>	<b>12.32</b>
21	4	52	20.66	14.42	12.00
	6	56	20.98	15.38	13.89
<b>Promedio</b>		<b>54</b>	<b>20.83</b>	<b>14.91</b>	<b>12.95</b>

Analizando la Tabla 6, se observa que, en cada parcela es aparentemente casi uniforme en sus diámetros y alturas, el diámetro promedio obtenido en las diferentes edades va aumentando proporcionalmente a su edad, en el cual sigue la tendencia natural de crecimiento, lo que significa que las plantaciones tienen incremento total en diámetros y

alturas, pero en proporción al tiempo. Así mismo entre edades se nota que el número de árboles encontrados por parcelas no varían mucho; mientras los crecimientos en DAP y alturas hay bastante diferencia según la edad. En DAP entre las edades de 10 y 15 años hubo un crecimiento promedio por árbol de 1.11 cm/año, de 15 a 21 años de edad solo 0.59 cm/año; en cambio en altura total, entre las edades de 10 y 15 años se obtuvo un crecimiento por árbol de 0.70 m/año y para 15 y 21 años apenas 0.11m/año por árbol. Entonces, podemos decir que a medida que avanza en edad hay mayor crecimiento en el *Pinus patula*; sin embargo, cuando llega a su madurez fisiológica va disminuyendo estos crecimientos tanto en DAP como en Ht.

Las variables dasométricas de 10, 15 y 21 años de edad mostraron resultados aceptables en promedio del DAP 11.72 cm, 17.26 cm y 20.83 cm, respectivamente, es decir, el comportamiento de las variables evaluadas en promedio aumenta proporcionalmente a su edad siguiendo la tendencia de crecimiento, pero estos resultados son inferiores al promedio del DAP conseguido por Ordaz et al, (2020), quienes reportaron un DAP máximo de 39.20 cm y una Ht de 25 m en plantaciones de *Pinus patula Schiede ex Schltdl* de una edad de 20 años; en cambio en el presente estudio solo llega como máximo a 28.5 cm de DAP y 17.5 m de altura total en la plantación de 21 años de edad. Así mismo, los resultados obtenidos en este estudio fueron en altura total promedio de 10.09 m a la edad de 10 años, 13.57 m a los 15 años y 14.91 m a la edad de 21 años, siendo inferiores a lo manifestado por Cruz & Galán (2022) los que indican un crecimiento del *Pinus patula* una Ht de 15.3 m a los 11 años y 16.9 m a los 20 años. Esta diferencia puede deberse en que en la comunidad de Tres Lagunas - Chugur presenta características geológicas de formaciones Yumagual, Chulec, Paritambo y otras, las cuales presentan algunas rocas calizas y

calcáreas (Roncal et al 2019) los que no son tan apropiadas para coníferas; por otro lado, las plantaciones del presente estudio, han tenido escasa labor silvicultural, solo hicieron algunas limpiezas y poda de ramas en algunos sectores en forma tardía, la falta de un manejo adecuado de alguna forma retardan el normal crecimiento de los árboles, así como el desarrollo de un árbol es una reacción a las influencias ambientales en el lugar donde crecen (Pérez, 2016).

#### 4.3.2 Crecimiento medio anual (CMA) del DAP y altura total en las 6 parcelas

Para conocer cuánto crecieron los árboles de las plantaciones estudiadas en diámetro y altura total a una edad de 10, 15 y 21 años, se determinó el crecimiento medio anual (CMA) en diámetro y altura total, los resultados conseguidos se indican en la Tabla 8

**Tabla 7**

*Determinación del crecimiento medio anual (CMA) del diámetro y altura total*

Edad (años)	Parcela N°	DAP/Árbol Promedio (cm)	DAP CMA (cm/año)	Ht/Árbol Promedio (m)	Ht CMA (m/año)
10	1	11.14	1.11	9.93	0.99
	2	12.29	1.23	10.24	1.02
<b>Promedio</b>		<b>11.72</b>	<b>1.17</b>	<b>10.08</b>	<b>1.01</b>
15	3	17.19	1.15	13.74	0.92
	5	17.34	1.16	13.39	0.89
<b>Promedio</b>		<b>17.26</b>	<b>1.15</b>	<b>13.56</b>	<b>0.90</b>
21	4	20.66	0.98	14.42	0.69
	6	20.98	0.99	15.38	0.73
<b>Promedio</b>		<b>20.83</b>	<b>0.99</b>	<b>14.91</b>	<b>0.71</b>

Analizando la Tabla 7, los crecimientos medio anuales en diámetro y altura total a la edad de 10 años es mayor en relación para los de 21 años, analizando a los datos obtenidos en DAP para las edades de 10, 15 y 21 años, el crecimiento medio anual fue de 1.17 cm/año,

1.15 cm/año y 0.99 cm/año, respectivamente; mientras en altura total fueron de 1.01 m/año, 0.90 m/año y 0.71 m/año, para las edades de 10, 15 y 21 años, respectivamente.

Los resultados del crecimiento medio anual (CMA) obtenidos en promedio del área basal en el presente estudio fueron de 1.17 cm, 1.15 cm y 0.99 cm y en altura total 1.01 m, 0.90 m y 0.71 m, a las edades de 10, 15 y 21 años, respectivamente, observándose que los primeros años el CMA es mayor tanto en diámetro como en altura total, luego va disminuyendo a medida que avanza en edad, por otro lado, Ortega (2014) manifiesta que el crecimiento medio anual en diámetro de *Pinus patula* en Cajamarca en zona no raleada es de 1.17 cm y en zona raleada 1.33 cm, pero a la edad de 25 años; Espinoza & Rodríguez (2014) da como resultado en los rodales IV y V (Nicaragua) mayores alturas con 1.20 y 1.22 m, respectivamente, mientras Vallejo & Zapatas (2018) indican que no es raro un crecimiento de 1 – 1.5 m durante los primeros 10 años, siendo un poco superior a lo obtenido ya que no hay mucha diferencia.

#### **4.1.4.2 Determinación del incremento medio anual (IMA) de Área basal y Volúmenes**

El incremento medio anual (IMA) de los variables de un árbol es fundamental para saber cuánto aumenta en madera en un año el área basal y el volumen total en cada edad de la plantación, por lo que se calculó por árbol promedio, cuyo resultado se podrá ver en la Tabla 8.

**Tabla 8***Determinación del incremento medio anual (IMA) del área basal y volumen*

Edad (años)	Parcela N°	AB/Árbol Promedio (m <sup>2</sup> )	IMA AB (m <sup>2</sup> /año)	Vt/Árbol Promedio (m <sup>3</sup> )	IMA Vt (m <sup>3</sup> /año)
10	1	0.0101	0.00101	0.07280	0.00728
	2	0.0149	0.00149	0.10780	0.01078
<b>Promedio</b>		<b>0.0125</b>	<b>0.00125</b>	<b>0.09060</b>	<b>0.00906</b>
15	3	0.0238	0.00158	0.23474	0.01565
	5	0.0241	0.00161	0.23026	0.01535
<b>Promedio</b>		<b>0.0240</b>	<b>0.00160</b>	<b>0.23254</b>	<b>0.01550</b>
21	4	0.0346	0.00165	0.35748	0.01702
	6	0.0355	0.00169	0.38583	0.01837
<b>Promedio</b>		<b>0.0351</b>	<b>0.00167</b>	<b>0.37218</b>	<b>0.01772</b>

Observando la tabla 8, el promedio del incremento medio anual (IMA) por árbol de la población de *Pinus patula* para las diferentes edades en estudio mostraron los siguientes resultados: para árboles de una edad de 10 años, el incremento medio anual (IMA) en promedio por árbol evidencio un AB de 0.00125 m<sup>2</sup>/año y un volumen total de 0.00906 m<sup>3</sup>/año, los cuales fueron inferiores a los datos de los árboles con una edad de 15 años, donde el IMA en promedio aumento en AB a 0.00160 m<sup>2</sup>/año y un volumen total de 0.01550 m<sup>3</sup>/año, siendo estos inferiores a su vez a los datos obtenidos en los árboles de una edad de 21 años, donde el IMA en promedio se obtuvo en AB de 0.00167 m<sup>2</sup>/año y un volumen total de 0.01772 m<sup>3</sup>/año. Los resultados del incremento medio anual (IMA) en volumen total muestran que a medida que avanza la edad la tasa de IMA aumenta observando que a la edad de 10 años es 0.00906 m<sup>3</sup>/año, a la edad de 15 años 0.01550 m<sup>3</sup>/año y a la edad de 21 años 0.01772 m<sup>3</sup>/año.

Para las plantaciones identificadas para el estudio, se obtuvo como datos promedios del Incremento Medio Anual (IMA) en volumen total para una edad de 10 años de  $1.75 \text{ m}^3 \text{ ha/año}^{-1}$ , para 15 años  $2.57 \text{ m}^3 \text{ ha/año}^{-1}$  y para 21 años  $3.75 \text{ m}^3 \text{ ha/año}^{-1}$ ; el Incremento Medio Anual (IMA) en volumen comercial para una edad de 10 años fue de  $1.59 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ ; para 15 años de  $2.34 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$  y para 21 años es de  $3.29 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ ; estos resultados encontrados son menores a los obtenidos por Cruz & Galán (2022), ya que en su estudio establece un IMA en volumen total de  $2.34 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a los 11 años de edad.

**Tabla 9**

*Determinación del incremento medio anual del área basal y volumen total en las plantaciones seleccionadas*

Edad (años)	Área Total Plantación ( $\text{m}^2$ )	AB total ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )	AB ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )	IMA AB ( $\text{m}^2/\text{ha/año}$ )	Vt Total ( $\text{m}^3$ )	Vt ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	IMA Vt ( $\text{m}^3/\text{ha/año}$ )
10	5.8	81.629	14.074	1.407	589.048	101.56	10.156
15	6.4	162.675	25.418	1.694	1577.6	246.5	16.433
20	5.1	193.208	37.884	1.804	2049.996	401.96	19.141
Promedio	5.767	145.837	25.792	1.635	1405.548	250.007	15.243
Des. Estándar	0.651	57.664	11.909	0.205	745.516	150.231	4.609
Max	6.4	193.208	37.884	1.804	2049.996	401.96	19.141
Min	5.1	81.629	14.074	1.407	589.048	101.56	10.156
Var	0.423	3325.099	141.834	0.042	555793.7	22569.3	21.244

En la tabla 9, se muestran los valores promedios de la producción de la plantación, donde a una edad de 10 años el área basal (AB) fue de  $14.074 \text{ m}^2/\text{ha}$  y su IMA de  $1.407 \text{ m}^2/\text{ha/año}$ , en volumen total (Vt)  $101,560 \text{ m}^3/\text{ha}$  y el incremento medio anual (IMA) de  $10.156 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ ; para 15 años el AB fue de  $25.418 \text{ m}^2/\text{ha}$  y su IMA de  $1.694 \text{ m}^2/\text{ha/año}$  y en Vt de  $246.500 \text{ m}^3/\text{ha}$  y un IMA de  $16.433 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ ; finalmente para 21 años el AB es de  $37.884 \text{ m}^2/\text{ha}$  y su IMA de  $1.804 \text{ m}^2/\text{ha/año}$  y el Vt de  $401.960 \text{ m}^3/\text{ha}$  y su IMA de  $19.141 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ . Se observa que a medida que avanza la edad de la plantación es mayor, el IMA

en AB y VT va aumentando; sin embargo, se aprecia que este incremento también va disminuyendo de 15 a 21 años de edad. Dado que la tasa de incremento anual se da en la etapa de desarrollo (juvenil), debido a que en la primera etapa tiene la tendencia de ganar la mayor altura posible, esta tasa se mantiene con algunos cambios muy ligeros durante varios años hasta llegar a su madurez fisiológica, en donde estas tasas van a disminuir, reflejándose en los resultados que se ha obtenido en la presente investigación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Al realizar la evaluación en las seis parcelas de las plantaciones identificadas de la especie *Pinus patula* Schltdl et Cham en la comunidad Tres Lagunas, distrito de Chugur – Hualgayoc, se obtuvo un total de 326 árboles de edades de 10, 15 y 21 años se encontró resultados aceptables de crecimiento en promedio por árbol, en DAP 11.72 cm, 17.26 cm y 20.83 cm; en altura total 10.09 m, 13.57 m y 14.91 m, y en altura comercial 8.89 m, 12.32 m y 12.95 m, respectivamente. Así mismo, llevando a toda el área de las plantaciones seleccionadas se determinó para 10, 15 y 21 años de edad, un volumen total de 589,048 m<sup>3</sup>(5.8 ha) 1,577,600 m<sup>3</sup> (6.4 ha) y 2,049.996 m<sup>3</sup> (5.1 ha), y volumen comercial de 521.362 m<sup>3</sup>, 1,436.864 m<sup>3</sup> y 1,798.311 m<sup>3</sup>, respectivamente.
- Al evaluar los variables dasométricos, se determinó el área basal, volumen total y comercial promedio por hectárea de la especie *Pinus patula*, obteniendo como resultados para 10, 15 y 21 años de edad, en AB 14.074 m<sup>2</sup>/ha, 25.418 m<sup>2</sup>/ha y 37.884 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente; en volumen total para 10 años 101.560 m<sup>3</sup>/ha y volumen comercial (Vc) 89.890 m<sup>3</sup>/ha; para 15 años un Vt de 246.500 m<sup>3</sup>/ha y Vc 224.510 m<sup>3</sup>/ha; y para 21 años el Vt fue de 401.960 m<sup>3</sup>/ha y Vc 352.610 m<sup>3</sup>/ha.
- Los resultados del crecimiento medio anual (CMA) obtenidos en promedio del área basal fueron de 1.17 cm, 1.15 cm y 0.99 cm; y en altura total 1.01 m, 0.90 m y 0.71 m, a la edad de 10, 15 y 21 años, respectivamente. El incremento medio anual (IMA) para la edad de 10 años fue en volumen total de 1.75 m<sup>3</sup> ha/ año<sup>-1</sup>, para 15 años 2.57 m<sup>3</sup> ha/año<sup>-1</sup> y para 21 años 3.75 m<sup>3</sup> ha/ año<sup>-1</sup>; el Incremento Medio Anual (IMA) en volumen comercial para

una edad de 10 años fue de  $1.59 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ ; para 15 años de  $2.34 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$  y para 21 años es de  $3.29 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ .

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Implementar un plan de manejo forestal en la comunidad de Tres Lagunas en las plantaciones para poder evaluar el rendimiento maderable en la cosecha final.
- Continuar con las evaluaciones del incremento volumetrico maderable de la plantación para ajustar las curvas de crecimiento a mayores edades, con el objetivo de establecer de una manera mas precisa el turno de corta y producción volumétrica por ha.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agraria. (22 de octubre de 2021). Obtenido de <https://agraria.pe/noticias/dra-cajamarca-logro-produccion-de-330-mil-plantones-forestal-25828>
- Ambiente, M. d. (18 de marzo de 2020). *Mapa de Hidrológico*.
- Ammour, T., Beer, D., & Ibrahim, K. (2012). Producción de madera en sistemas agroforestales de centroamérica. *Turrialba*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/281235377>.
- Asencio, I., & Millán, F. (14 de octubre de 2005). *El estudio de la biodiversidad en el Tercer Inventario*.
- Bardález, G. (2019). Evaluación del Incremento Volumétrico de Cinco Especies Forestales, Pabloyacu, Moyobamba. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba.
- Baselly, J. R. (2019). Estimación del Volumen Comercial de Cinchona Officinalis L. (Quina) en el Bosque de Protección de Pagaibamba, Distrito de Querocoto, Chota. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Brenes, G. (1990). *Parcelas de muestreo permanente, unaherramienta de Investigación de nuestros Bosques*. Obtenido de [acguanacaste.ac.cr](http://acguanacaste.ac.cr).
- Cajal, A. (2017). Investigación de Campo: Características, Tipos, Técnicas y Etapas. *Revista Investigación*, 13.

- Carabelli, F., Bava, J., & Momberg, F. (2004). Estimación de volumen maderable en bosques de Lenga (*Nothofagus pumilio*) en la región patagónica de Argentina. *Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP)*. Obtenido de <http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v25n3/art01.pdf>
- Carrasco, J. (2019). El método estadístico en la investigación médica.
- Castellano, L., & Ramirez, E. (2000). Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. *LAVEP UNAM*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/JosEnriqueCabreraMed/inventarios-de-carbono>
- Chiikiilu, M. (13 de octubre de 2021). *Tamaño de la muestra y pre muestreo inventarios forestales*.
- Conifer Specialist Group. (1998). «*Pinus patula*». Lista Roja de especies amenazadas de la UICN 2010.
- Corvalán, P., & Hernández, J. (2006). Estructura del rodal. *Cátedra de Dasometría*, 6.
- Cruz, A., & Galán, R. (5 de setiembre de 2022). Crecimiento de *Pinus patula* en plantaciones de la Sierra Sur de Oaxaca. *Madera y Bosques*, 28(1). Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712022000100100](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712022000100100)
- Espinoza, M., & García, J. (1994). Efecto de intensidades diferentes de raleom en el crecimiento de un rodal de pino radiata. *Bosque*, 55(65).

- Espinoza, N. M., & Rodríguez, M. C. (2014). Medición del incremento y productividad en plantaciones de *Pinus patula*, Nueva Segovia, Nicaragua. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional Agraria, Managua.
- García, Á., & Velasco, V. G. (diciembre de 2017). Calidad del sitio y su influencia en el crecimiento de una plantación de *Pinus patula* Schltdl et Cham. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 8(44). Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322017000600132](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322017000600132)
- Gómez, A., Keever, V., & Novales, M. (2 de abril de 2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Alergia México*, 62.
- González, M. (2012). *Crecimiento en volumen por hectárea de Pinus Radiata en Cajamarca - Perú*. Revista Forestal del Perú.
- Guía de crecimiento. (2013). Dinámica del rodal - crecimiento. *Curso de Silvicultura*, 6.
- Hernández, E., Ruiz, B., Gallegos, A., Salcedo, E., & Guzmán, C. (mayo de 2017). Estimación volumétrica en una plantación Juvenil de *Tectona grandis* L.F., en la localidad de Ruiz. *ResearchGate*.
- Hernández, F. J., & Meraz, J. C. (2020). Crecimiento en diámetro, altura, área basal y volumen para tres especies de pino en Chihuahua, México. *Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(60). Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v11n60/2007-1132-remcf-11-60-120.pdf>

- Husch, B. (1993). *Forest Mensuration. Krieger Publishing Company, Third Edition Malabar, Florida.*
- Jumbo, D. F. (2016). Incremento Volumetrico de Cordial Alliodora (Laurel) en cinco Propiedades del Cantón Santo Domingo. *Tesis de Doctorado.* Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1780/1/T-UTEQ-0029.pdf>
- López, C. (2012). Parámetros relacionados con la forma del tronco del árbol y su cubicación. *Politécnica.*
- Marcelo, F., Baselly, J., & Villena, J. (04 de diciembre de 2022). Estimación de volúmenes maderables en plantaciones de Pinus patula en la Cooperativa Atahualpa Jerusalén Granja Porcón, Cajamarca. *Agropecuaria Science Biotechnology.* Obtenido de <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP/article/view/876/1298>
- Mendoza, M. (2015). Incremento Diamétrico de Cinco Especies Arbóreas Con Potencial Maderable del Bosque Mesófilo. *Tesis de pregrado.* Universidad Veracruzana, Veracruz, México. Obtenido de <https://www.uv.mx/mcef/files/2018/04/Tesis.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2013). Criterios en la medición de árbol en pie. *Bosque Natural en el Perú.*
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (14 de junio de 2020). <https://www.midagri.gob.pe>. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/49-sector-agrario/recurso-forestal/352-bosques>

National Forest Monitoring and Assessment. (2009). Manual para la recolección integrada de datos de campo. *FAO*, 216.

Navarrete, S. (2021). Determinación del incremento medio anual (IMA) en una plantación de *Gmelina arborea* Roxb. (melina) en la finca “Los Guayacanes” ubicada en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi. *Tesis de Pregrado*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.

Ordaz, G., Hernández, J., García, G., & Delgado, P. (09 de diciembre de 2020). Relaciones alométricas para plantíos de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham, en el estado de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(60). Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322020000400097&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322020000400097&script=sci_arttext)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (agosto de 2018). *Inventario Forestal Nacional* . Obtenido de [fao.org](http://fao.org)

Ortega, D. R. (2014). Evaluación del crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham, empleando técnicas dendrocronológicas en plantaciones de Cajamarca. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.

Perez, P. (marzo de 2016). *Manual para el monitoreo comunitario del crecimiento de árboles*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Tipos-de-crecimiento-de-los-arboles-A-Crecimiento-primario-en-la-raiz-B-Crecimiento\\_fig1\\_299462078](https://www.researchgate.net/figure/Tipos-de-crecimiento-de-los-arboles-A-Crecimiento-primario-en-la-raiz-B-Crecimiento_fig1_299462078)

Ramirez, M. (01 de setiembre de 2021). *Pinus Patula (Schiede & Deppe 1831)* .

- Rebolledo, V., Mendizábal, L., & Alba, J. (1999). Medición de familias comunes de *Pinus patula* Schl. et Cham. *Foresta Veracruzana*, 1(2), 7.
- Rolando, H. (1996). Elementos básicos de dasimetría. *CATIE*.
- Ruiz, N. (2017). Estimación volumétrica en una plantación juvenil de teca. *Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias*.
- Senamhi. (12 de noviembre de 2022). *senamhi.gob.pe*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://www.senamhi.gob.pe/?dp=cajamarca&p=estaciones>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR]. (14 de agosto de 2018). *El pino es la plantación forestal con el mayor potencial maderable de Cajamarca*.
- Ugarte, L. J., & Dominguez, G. (2010). Índice de sitio de *Calyphyllum spruceanun* Benth, en relación con la altura dominante del rodal en ensayos de plantación en la cuenca del Aguaytía, Ucayali, Perú. *Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú*.
- Uranga, L. P. (2014). Crecimiento y rendimiento maderable en plantaciones de *Pinus patula* en Zacualpan, Vera Cruz. *Tesis de Doctorado*. Institución de enseñanza e investigación en ciencias Agrícolas, Montecillo.
- Velásquez, M., Pérez, A., & Róman, A. (2004). Monografía de *Pinus patula*. *Conafor-Semarnat-Colpos*.
- Verboom, G. (1992). A report on the invasive status of *PINUS PATULA* on mount Mulanje, Malawi. *University of Cape Town*.

Villar, M. Á., Marcelo, F. E., Baselly, J. R., & Villena, J. (2014). Estimación de volúmenes maderables en plantaciones de *Pinus patula* schldl. & cham, en la Cooperativa Atahualpa Jerusalén Granja Porcón en la región Cajamarca. . *Universidad Nacional del Perú*.

Wabo, E. (2002). Crecimiento de Árboles. *Universidad Nacional de la Plata*.

Young, J. (1999). *Determinación de la altura del árbol*.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

<b>Título: DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO VOLUMÉTRICO MADERABLE EN PLANTACIONES DE DIFERENTES EDADES DE <i>Pinus patula</i> Schiede ex schlttl y cham, DISTRITO DE CHUGUR – HUALGAYOC.</b>						
<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
¿Cuál es el incremento volumétrico en plantaciones de diferentes edades de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlttl y Cham en la comunidad de Tres Lagunas - Chugur - Hualgayoc?	<p><b>General</b> Determinar el incremento volumétrico maderable en plantaciones de diferentes edades de <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlttl y Cham distrito de Chugur – Hualgayoc.</p> <p><b>Específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el volumen total y comercial en diferentes edades de la especie <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlttl y Cham.</li> <li>• Evaluar las variables dasométricas por hectárea de la especie <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlttl y Cham.</li> <li>• Determinar el incremento medio anual (IMA) en diferentes edades de la especie <i>Pinus patula</i> Shiede ex Schlttl y Cham.</li> </ul>	El incremento volumétrico en plantaciones de <i>Pinus patula</i> shiede ex Schlttl y Cham es mayor a medida que aumenta la de edad de dichas plantaciones en el distrito de Chugur – Hualgayoc.	Incremento volumétrico	Volumen de madera promedio hasta un determinado tiempo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura total</li> <li>• Altura comercial</li> <li>• Diámetro a la altura de pecho</li> <li>• Centímetros, metros y volumen cubico.</li> </ul>	<p><b>Diseño:</b> no experimental - descriptivo</p> <p><b>Muestra:</b> 6 parcelas de un área de 20 m x 25 m.</p> <p><b>Técnica:</b> observación, análisis documental.</p>
			Edad de los árboles	Año de plantación hasta el año del estudio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edad cronológica</li> <li>• (tiempos años)</li> </ul>	<p><b>Instrumento:</b> Ficha de registro dasométricos.</p> <p><b>Técnica de procesamiento y análisis de datos.</b> Excel y estadística descriptiva.</p>

**Anexo 2. Inventario forestal realizada en las plantaciones identificadas de *Pinus patula***

**NOMBRE DEL PROPIETARIO: LINO RÍOS DAVILA**

**UBICACIÓN: TRES LAGUNAS**

**DISTRITO: CHUGUR**

**PROVINCIA: HUALGAYOC**

**EDAD :10**

**ESPECIE: *Pinus patula***

**AÑOS**

**N° PARCELA: 01**

**TAMAÑO: 20 m x 25**

**EJECUTOR: SILVIA ARACELI CRUZADO BARBOZA**

N° ÁRBOL	DAP (cm)	Ht(m)	Hc(m)	ÁREA BASAL	Volumen Total	Volumen Comercial
				(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
1	15.2	12.2	11	0.0181	0.155	0.14
2	9.1	9	7.8	0.0065	0.041	0.036
3	9.3	11	9.8	0.0068	0.052	0.047
4	10.8	9.2	8.1	0.0092	0.059	0.052
5	10.5	9.5	8.4	0.0087	0.058	0.051
6	10.2	10	8.8	0.0082	0.057	0.05
7	9.4	9.3	8	0.0069	0.045	0.039
8	8.4	8.8	7.3	0.0055	0.034	0.028
9	10.2	10.1	9	0.0082	0.058	0.051
10	8.5	8.3	6.5	0.0057	0.033	0.026
11	14.1	10.8	9.7	0.0156	0.118	0.106
12	9.2	9.3	8	0.0066	0.043	0.037
13	8.1	7.2	6	0.0052	0.026	0.022
14	13.7	10.6	9.3	0.0147	0.109	0.096
15	9	9.1	8	0.0064	0.041	0.036
16	14.3	11.2	9.5	0.0161	0.126	0.107
17	9.8	8.9	7.8	0.0075	0.047	0.041
18	10	10.4	9	0.0079	0.057	0.049
19	15.1	12.1	11	0.0179	0.152	0.138
20	9.5	9.3	8	0.0071	0.046	0.04
21	12.3	10.7	9.3	0.0119	0.089	0.077
22	10.2	9.8	8.4	0.0082	0.056	0.048
23	12.5	11.3	9.8	0.0123	0.097	0.084
24	10.1	9.8	8.8	0.008	0.055	0.049
25	10.3	10.2	9	0.0083	0.059	0.052
26	8.8	8.6	7	0.0061	0.037	0.03
27	11.8	9.4	8.2	0.0109	0.072	0.063

<b>28</b>	10.3	10	9	0.0083	0.058	0.052
<b>29</b>	10.4	10.8	9.8	0.0085	0.064	0.058
<b>30</b>	9.2	9.5	8.2	0.0066	0.044	0.038
<b>31</b>	10	9.2	8.1	0.0079	0.051	0.045
<b>32</b>	10.9	8.6	7.2	0.0093	0.056	0.047
<b>33</b>	15	9.9	8.5	0.0177	0.122	0.105
<b>34</b>	10.4	11	9	0.0085	0.065	0.054
<b>35</b>	7.3	7.5	6	0.0042	0.022	0.018
<b>36</b>	10.6	8.6	7	0.0088	0.053	0.043
<b>37</b>	11.1	9	8	0.0097	0.061	0.054
<b>38</b>	10.4	10.2	9	0.0085	0.061	0.054
<b>39</b>	9.9	9.6	8.3	0.0077	0.052	0.045
<b>40</b>	10.6	10.7	9.5	0.0088	0.066	0.059
<b>41</b>	10	9.8	8.8	0.0079	0.054	0.048
<b>42</b>	10.9	8.9	7.8	0.0093	0.058	0.051
<b>43</b>	11.2	10.5	9	0.0099	0.072	0.062
<b>44</b>	10.6	9.6	8.8	0.0088	0.059	0.054
<b>45</b>	15.3	11.6	10.5	0.0184	0.149	0.135
<b>46</b>	10	9.5	8.2	0.0079	0.052	0.045
<b>47</b>	12.3	10.3	9	0.0119	0.086	0.075
<b>48</b>	10.5	9.9	8.7	0.0087	0.06	0.053
<b>49</b>	16	11.6	10.5	0.0201	0.163	0.148
<b>50</b>	16.5	11.9	10.8	0.0214	0.178	0.162
<b>51</b>	9.7	9.3	8	0.0074	0.048	0.041
<b>52</b>	9.9	9.7	8.5	0.0077	0.052	0.046
<b>53</b>	14.9	10.2	9	0.0174	0.124	0.11
<b>54</b>	14.3	10.9	9.8	0.0161	0.123	0.11
<b>55</b>	14.2	11.8	10.8	0.0158	0.131	0.12
<b>Σ</b>	<b>612.8</b>	<b>546.2</b>	<b>477.3</b>	<b>0.5577</b>	<b>4.006</b>	<b>3.527</b>
<b>Promedio</b>	<b>11.14</b>	<b>9.93</b>	<b>8.678</b>	<b>0.01014</b>	<b>0.0728</b>	<b>0.0641</b>

NOMBRE DEL PROPIETARIO: LINO RÍOS DAVILA

PROVINCIA:

UBICACIÓN: TRES LAGUNAS

DISTRITO: CHUGUR

HUALGAYOC

ESPECIE: *Pinus patula*

EDAD :10 AÍ

N° PARCELA: 02

TAMAÑO: 20 m x 25 m

FORMA: TRES BOLILLO

EJECUTOR: SILVIA ARACELI CRUZADO BARBOZA

N° ÁRBOL	DAP (cm)	Ht(m)	Hc(m)	ÁREA BASAL (m <sup>2</sup> )	Volumen Total (m <sup>3</sup> )	Volume n Comercial (m <sup>3</sup> )
1	10	9.2	8	0.0079	0.051	0.044
2	10.1	8.8	7.5	0.0080	0.049	0.042
3	14.7	11.2	10	0.0170	0.133	0.119
4	9.3	9.2	6.9	0.0068	0.044	0.033
5	11.2	10.8	9.5	0.0099	0.074	0.066
6	10.2	10.1	8.8	0.0082	0.058	0.050
7	12.1	10.6	9	0.0115	0.085	0.072
8	11.5	9.5	8.3	0.0104	0.069	0.060
9	13.5	11.3	10.1	0.0143	0.113	0.101
10	10.5	9.7	8.7	0.0087	0.059	0.053
11	14.7	12.1	11	0.0170	0.144	0.131
12	9.2	10.3	9	0.0066	0.048	0.042
13	9.8	8.6	7.4	0.0075	0.045	0.039
14	11.9	11.1	10	0.0111	0.086	0.078
15	10.7	9.6	8.3	0.0090	0.060	0.052
16	10.3	9	7.5	0.0083	0.052	0.044
17	11.2	10.8	9.8	0.0099	0.074	0.068
18	15.1	12.4	11	0.0179	0.155	0.138
19	13.5	10.9	9.7	0.0143	0.109	0.097
20	12.7	11	10	0.0127	0.098	0.089
21	8.6	10.8	9.9	0.0058	0.044	0.040
22	10.5	9.7	8.6	0.0087	0.059	0.052
23	12.6	11.6	10.4	0.0125	0.101	0.091
24	10.3	9.2	8.1	0.0083	0.054	0.047
25	12.4	10.5	9.4	0.0121	0.089	0.079
26	10.2	9.3	8.2	0.0082	0.053	0.047
27	11.3	10	8.7	0.0100	0.070	0.061
28	10.1	9.7	8.8	0.0080	0.054	0.049
29	9.8	10.8	9.9	0.0075	0.057	0.052
30	11.1	9.3	8.2	0.0097	0.063	0.056
31	57	10.2	9	0.2552	1.822	1.608
32	10	9.8	8.5	0.0079	0.054	0.047
33	12.5	10.8	10	0.0123	0.093	0.086

<b>34</b>	10.3	9.5	8.3	0.0083	0.055	0.048
<b>35</b>	10.2	9.2	8.1	0.0082	0.053	0.046
<b>36</b>	12.2	10.3	9.2	0.0117	0.084	0.075
<b>37</b>	14.4	10.8	9.7	0.0163	0.123	0.111
<b>38</b>	9.8	9.4	8.3	0.0075	0.050	0.044
<b>39</b>	11.7	10.3	9.2	0.0108	0.078	0.069
<b>40</b>	14.9	11.5	10	0.0174	0.140	0.122
<b>41</b>	13.8	9.9	8.9	0.0150	0.104	0.093
<b>42</b>	10.7	10.4	9.3	0.0090	0.065	0.059
<b>43</b>	11.6	10.8	9.4	0.0106	0.080	0.070
<b>44</b>	11	9.8	8.5	0.0095	0.065	0.057
<b>45</b>	10.1	11	10	0.0080	0.062	0.056
<b>46</b>	12.7	9.1	8	0.0127	0.081	0.071
<b>47</b>	14.5	8.9	7.8	0.0165	0.103	0.090
<b>48</b>	13.4	12.6	11.5	0.0141	0.124	0.114
<b>49</b>	11.7	9.8	9	0.0108	0.074	0.068
<b>50</b>	10.7	9.5	8.7	0.0090	0.060	0.055
<b>51</b>	11.2	10.5	9.4	0.0099	0.072	0.065
<b>52</b>	12.4	11.2	10.3	0.0121	0.095	0.087
<b>53</b>	10.6	10.8	9.9	0.0088	0.067	0.061
<b>54</b>	10.5	10.2	9.4	0.0087	0.062	0.057
<b>55</b>	9.4	9.9	9	0.0069	0.048	0.044
<b>56</b>	9.2	8.8	8	0.0066	0.041	0.037
<b>57</b>	15.2	11.4	10.2	0.0181	0.145	0.130
<b>Σ</b>	700.8	583.5	518.3	0.8497	6.15	5.462
<b>Promedio</b>	<b>12.29</b>	<b>10.24</b>	<b>9.09</b>	<b>0.0149</b>	<b>0.1078</b>	<b>0.0958</b>

NOMBRE DEL PROPIETARIO: MOISÉS VÁSQUEZ AZUL

UBICACIÓN: TRES LAGUNAS

DISTRITO: CHUGUR

PROVINCIA: HUALGAYOC

EDAD :15

ESPECIE: *Pinus patula*

AÑOS

TAMAÑO: 20 m x 25

N° PARCELA: 03 m

FORMA: TRES BOLILLO

EJECUTOR: SILVIA ARACELI CRUZADO BARBOZA

N° ÁRBOL	DAP (cm)	HT(m)	HC(m)	ÁREA BASAL (m <sup>2</sup> )	Volume n Total (m <sup>3</sup> )	Volume n Comercial (m <sup>3</sup> )
1	21.5	15.5	14.3	0.0363	0.394	0.363
2	18.1	14.9	13.7	0.0257	0.268	0.247
3	21	15.6	14.3	0.0346	0.378	0.347
4	20.3	14	12.7	0.0324	0.317	0.288
5	21.3	15.3	14	0.0356	0.382	0.349
6	11.8	12.8	11.9	0.0109	0.098	0.091
7	20.4	15.8	14.8	0.0327	0.361	0.339
8	16.4	11.9	10.8	0.0211	0.176	0.16
9	21.3	14.1	13	0.0356	0.352	0.324
10	18.5	12.6	11.5	0.0269	0.237	0.216
11	18.1	12.2	11	0.0257	0.22	0.198
12	16.4	11.9	10.5	0.0211	0.176	0.155
13	13.3	10.5	9	0.0139	0.102	0.088
14	17.1	13.8	12.5	0.023	0.222	0.201
15	14.8	13.3	12	0.0172	0.16	0.145
16	14.1	12.2	11.1	0.0156	0.133	0.121
17	19.2	15.6	14.4	0.029	0.316	0.292
18	14.3	12.5	11	0.0161	0.141	0.124
19	15.5	14.6	13.4	0.0189	0.193	0.177
20	13.1	12.3	11	0.0135	0.116	0.104
21	17.8	13.4	12.4	0.0249	0.233	0.216
22	15.4	14.3	13	0.0186	0.186	0.17
23	17.9	15	14	0.0252	0.264	0.247
24	15.1	13.3	12.3	0.0179	0.167	0.154
25	15	13.7	12.5	0.0177	0.169	0.155
26	13.3	10.6	9.6	0.0139	0.103	0.093
27	15.9	13.2	12.2	0.0199	0.183	0.17
28	18.5	16.4	15.3	0.0269	0.309	0.288

29	17.6	15.9	14.8	0.0243	0.271	0.252
30	19.8	16.9	15.9	0.0308	0.364	0.343
31	21.3	16.4	15.2	0.0356	0.409	0.379
32	15.6	14.9	13.7	0.0191	0.199	0.183
33	21.1	16.1	15.1	0.035	0.394	0.37
34	18.2	15.3	14.3	0.026	0.279	0.26
35	15.1	14	13	0.0179	0.175	0.163
36	11.7	12.6	11.3	0.0108	0.095	0.085
37	13.4	12	10.8	0.0141	0.118	0.107
38	18.3	12.9	11.7	0.0263	0.238	0.215
39	21.2	17	15.6	0.0353	0.42	0.385
40	16.8	11.9	10.7	0.0222	0.185	0.166
41	16.9	13.7	12.5	0.0224	0.215	0.196
42	20.1	14	13	0.0317	0.311	0.289
43	19.3	15.5	14.3	0.0293	0.317	0.293
44	14.1	11.7	10.6	0.0156	0.128	0.116
45	18.1	14	13	0.0257	0.252	0.234
46	11.6	12.6	11.5	0.0106	0.093	0.085
47	18.3	12.2	11	0.0263	0.225	0.203
48	20.1	11.7	10.2	0.0317	0.26	0.227
49	13.5	10.8	9.7	0.0143	0.108	0.097
50	18.7	13.9	12.6	0.0275	0.267	0.242
51	15.7	13.3	12.2	0.0194	0.18	0.165
52	18.5	12.2	11.1	0.0269	0.23	0.209
53	21.1	15.1	14	0.035	0.37	0.343
54	16.9	13.8	12.7	0.0224	0.217	0.199
$\Sigma$	928.4	741.7	678.7	1.287	12.676	11.628
<b>Promedio</b>	<b>17.19</b>	<b>13.74</b>	<b>12.57</b>	<b>0.0238</b>	<b>0.2348</b>	<b>0.2153</b>

**NOMBRE DEL PROPIETARIO: ISIDORO AZULA GEVARA**

**UBICACIÓN: TRES LAGUNAS**

**DISTRITO: CHUGUR**

**PROVINCIA: HUALGAYOC**

**EDAD :21**

**ESPECIE: *Pinus patula***

**AÑOS**

**TAMAÑO:**

**N° PARCELA: 04**

**20 m x 25 m**

**FORMA: TRES BOLILLO**

**EJECUTOR: SILVIA ARACELI CRUZADO BARBOZA**

ÁRBOL	DAP (cm)	HT(m)	HC(m)	ÁREA BASAL (m2)	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3)
1	24.1	15	13	0.0456	0.479	0.415
2	16.4	14	12.8	0.0211	0.207	0.189
3	14.8	13	11.5	0.0172	0.157	0.138
4	17.7	14.5	13	0.0246	0.25	0.224
5	21.8	15.5	13.8	0.0373	0.405	0.361
6	26.2	17	15	0.0539	0.642	0.566
7	19.9	14	12	0.0311	0.305	0.261
8	26.7	13.5	11.5	0.056	0.529	0.451
9	20.1	14	12.9	0.0317	0.311	0.287
10	18.8	15	13	0.0278	0.291	0.253
11	23.6	16	14.6	0.0437	0.49	0.447
12	22.1	14	11	0.0384	0.376	0.295
13	19.8	14.5	12.5	0.0308	0.313	0.269
14	11.5	8	0	0.0104	0.058	0
15	27.2	15	13.6	0.0581	0.61	0.553
16	21.3	16	13.8	0.0356	0.399	0.344
17	21.2	14	12.4	0.0353	0.346	0.306
18	22.3	16	14	0.0391	0.437	0.383
19	21.7	16.5	15	0.037	0.427	0.388
20	20.1	14	12	0.0317	0.311	0.267
21	27.3	15	13.3	0.0585	0.615	0.545
22	18.3	15	13.5	0.0263	0.276	0.249
23	19.3	13	11	0.0293	0.266	0.225
24	21.7	12.5	10.6	0.037	0.324	0.274
25	21.5	15.5	12.5	0.0363	0.394	0.318
26	24.1	14	12	0.0456	0.447	0.383
27	26.5	17.5	15	0.0552	0.676	0.579

<b>28</b>	20.7	12.5	10.8	0.0337	0.294	0.254
<b>29</b>	22.8	13	11	0.0408	0.372	0.314
<b>30</b>	18	15	13	0.0254	0.267	0.232
<b>31</b>	17.7	14	11.6	0.0246	0.241	0.2
<b>32</b>	23.3	15	0	0.0426	0.448	0
<b>33</b>	26.1	17	15	0.0535	0.637	0.562
<b>34</b>	15.1	13.2	11.8	0.0179	0.165	0.148
<b>35</b>	21.9	16	14.4	0.0377	0.422	0.38
<b>36</b>	22.3	15.2	13.7	0.0391	0.416	0.375
<b>37</b>	22.5	16.3	14.5	0.0398	0.454	0.404
<b>38</b>	13.7	14.3	12.8	0.0147	0.148	0.132
<b>39</b>	26.1	15	13.3	0.0535	0.562	0.498
<b>40</b>	20.4	11.5	10.2	0.0327	0.263	0.233
<b>41</b>	19.7	14.2	12.6	0.0305	0.303	0.269
<b>42</b>	17.2	16	13.4	0.0232	0.26	0.218
<b>43</b>	18.2	15	12.3	0.026	0.273	0.224
<b>44</b>	17.4	14.9	13.2	0.0238	0.248	0.22
<b>45</b>	19.5	13.3	11.5	0.0299	0.278	0.24
<b>46</b>	19.9	15.6	14.4	0.0311	0.34	0.314
<b>47</b>	21.2	14.1	12.8	0.0353	0.348	0.316
<b>48</b>	23.8	16.3	14.6	0.0445	0.508	0.455
<b>49</b>	20.5	16.8	15.4	0.033	0.388	0.356
<b>50</b>	21.9	15.5	14.3	0.0377	0.409	0.377
<b>51</b>	16.1	9	0	0.0204	0.128	0
<b>52</b>	12.4	9	2.3	0.0121	0.076	0.019
<b>Σ</b>	1074.4	749.7	624.2	1.7981	18.589	15.71
<b>Promedio</b>	<b>20.66</b>	<b>14.42</b>	<b>12</b>	<b>0.0346</b>	<b>0.3574</b>	<b>0.3021</b>

**NOMBRE DEL PROPIETARIO: MOISÉS VÁSQUEZ AZULA**

**DISTRITO:**

**UBICACIÓN: TRES LAGUNAS**

**CHUGUR**

**PROVINCIA: HUALGAYOC**

**EDAD :15**

**ESPECIE: *Pinus patula***

**AÑOS**

**FORMA:**

**CURVAS DE**

**N° PARCELA: 05**

**TAMAÑO: 20 m x 25 m NIVEL**

**EJECUTOR: SILVIA ARACELI CRUZADO BARBOZA**

<b>N° ÁRBOL</b>	<b>DAP (cm)</b>	<b>HT(m)</b>	<b>HC(m)</b>	<b>ÁREA BASAL (m2)</b>	<b>Volumen Total (m3)</b>	<b>Volumen Comercial (m3)</b>
1	12.6	11.2	10.5	0.0125	0.098	0.092
2	16.1	13.9	12.3	0.0204	0.198	0.175
3	14.9	11.5	10.7	0.0174	0.14	0.131
4	15.3	13.5	12.6	0.0184	0.174	0.162
5	19.2	14.2	13.4	0.029	0.288	0.272
6	15.3	11.9	10.8	0.0184	0.153	0.139
7	22	13.8	12.8	0.038	0.367	0.341
8	18.4	12.3	10	0.0266	0.229	0.186
9	16.4	11.8	10.9	0.0211	0.174	0.161
10	19.1	14.5	13.6	0.0287	0.291	0.273
11	17.6	15.7	14	0.0243	0.267	0.238
12	20.6	13.3	12.5	0.0333	0.31	0.292
13	22	16.6	14.5	0.038	0.442	0.386
14	18.6	15.2	14.6	0.0272	0.289	0.278
15	19.4	13.3	12	0.0296	0.275	0.248
16	18.2	12.6	11.6	0.026	0.229	0.211
17	17.9	13.4	12.2	0.0252	0.236	0.215
18	17.9	13.9	12	0.0252	0.245	0.211
19	14.1	12.4	11.2	0.0156	0.136	0.122
20	21.1	14.7	13.7	0.035	0.36	0.335
21	19.2	15.9	14.8	0.029	0.322	0.3
22	18.8	14.6	13	0.0278	0.284	0.253
23	18.3	15.1	14	0.0263	0.278	0.258
24	14.3	11.6	9.6	0.0161	0.13	0.108
25	14.7	12.1	10.9	0.017	0.144	0.129
26	18.1	13.2	11.1	0.0257	0.238	0.2
27	20.6	14.9	13.6	0.0333	0.348	0.317

28	17.8	12.4	11	0.0249	0.216	0.192
29	15.2	14.3	13.2	0.0181	0.182	0.168
30	14.7	11.4	10	0.017	0.135	0.119
31	20.4	13.6	12.6	0.0327	0.311	0.288
32	12.3	12.9	11.2	0.0119	0.107	0.093
33	13.6	11	9	0.0145	0.112	0.092
34	15.7	14.6	14	0.0194	0.198	0.19
35	19.1	12.2	11	0.0287	0.245	0.221
36	12.2	11.1	10	0.0117	0.091	0.082
37	15.3	13.9	11.8	0.0184	0.179	0.152
38	20.1	13.3	12.2	0.0317	0.295	0.271
39	13.8	12.5	11	0.015	0.131	0.115
40	16.9	13.8	11.8	0.0224	0.217	0.185
41	16.1	11.5	10.3	0.0204	0.164	0.147
42	20.4	13.5	11.8	0.0327	0.309	0.27
43	18.7	14.3	13	0.0275	0.275	0.25
44	15	11.9	10.5	0.0177	0.147	0.13
45	19	13.9	12.7	0.0284	0.276	0.252
46	18.6	12.2	11	0.0272	0.232	0.209
47	14.7	11.9	10.7	0.017	0.141	0.127
48	18.3	14.5	13.5	0.0263	0.267	0.249
49	17.9	15.7	14	0.0252	0.277	0.247
50	19.2	14.3	13	0.029	0.29	0.263
51	19.8	16.5	15	0.0308	0.356	0.323
52	16.4	11.9	10.5	0.0211	0.176	0.155
$\Sigma$	901.9	696.2	627.7	1.2548	11.974	10.823
<b>Promedio</b>	<b>17.34</b>	<b>13.39</b>	<b>12.07</b>	<b>0.0241</b>	<b>0.2302</b>	<b>0.2081</b>

**NOMBRE DEL PROPIETARIO: ISIDRO AZULA GUEVARA**

**UBICACIÓN: TRES LAGUNAS**

**DISTRITO:**

**PROVINCIA: HUALGAYOC**

**CHUGUR**

**ESPECIE: *Pinus patula***

**EDAD: 21 AÑOS**

**N° PARCELA: 06**

**TAMAÑO:  
20 m x 25 m**

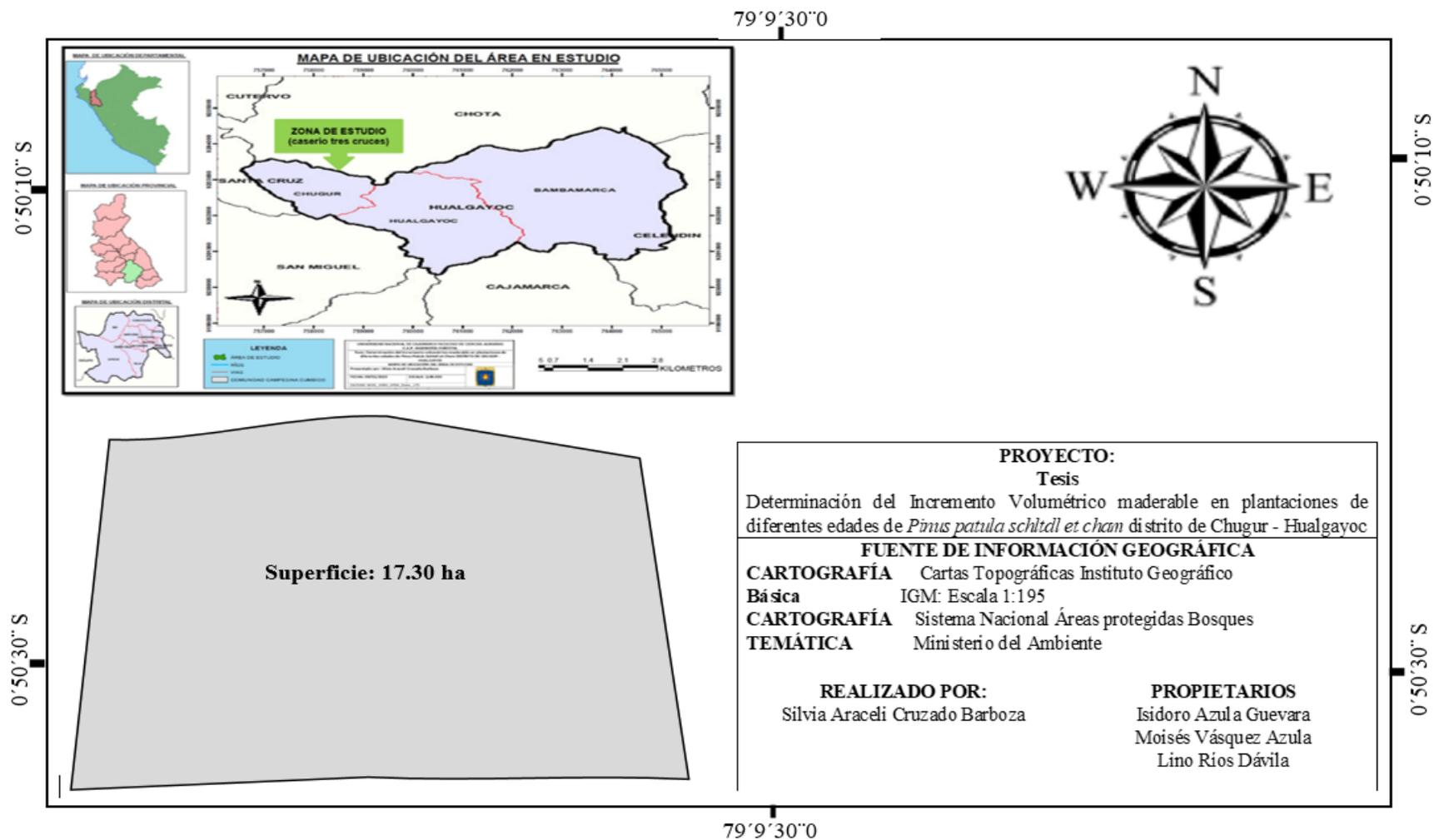
**FORMA:  
TRES  
BOLILLO**

**EJECUTOR: SILVIA ARACELI CRUZADO BARBOZA**

<b>N° ÁRBOL</b>	<b>DAP (cm)</b>	<b>HT(m)</b>	<b>HC(m)</b>	<b>ÁREA BASAL (m2)</b>	<b>Volumen Total (m3)</b>	<b>Volumen Comercial (m3)</b>
1	28.5	15.8	14.1	0.0638	0.706	0.63
2	17.9	13.2	11.8	0.0252	0.233	0.208
3	19	16	14.5	0.0284	0.318	0.288
4	24.1	14	12.8	0.0456	0.447	0.409
5	25.2	15.5	14.4	0.0499	0.541	0.503
6	22.1	16.3	15.1	0.0384	0.438	0.405
7	24.6	16.5	15.3	0.0475	0.549	0.509
8	16.5	14	13	0.0214	0.21	0.195
9	22.2	15.1	14	0.0387	0.409	0.379
10	18.6	16	14	0.0272	0.304	0.266
11	19.8	17.3	15.5	0.0308	0.373	0.334
12	21.4	16	15	0.036	0.403	0.378
13	25.8	17	15	0.0523	0.622	0.549
14	20.9	12.5	11.5	0.0343	0.3	0.276
15	26.5	15	13.5	0.0552	0.579	0.521
16	21.7	16.4	14.7	0.037	0.425	0.381
17	19.8	14	13	0.0308	0.302	0.28
18	14.8	14.7	13.5	0.0172	0.177	0.163
19	18.9	16.5	14	0.0281	0.324	0.275
20	17.1	15.8	14.5	0.023	0.254	0.233
21	22.8	16.3	15	0.0408	0.466	0.429
22	21.8	15.6	14.1	0.0373	0.408	0.368
23	22	15.5	14.3	0.038	0.412	0.381
24	24.3	16	15	0.0464	0.519	0.487
25	23.5	16.7	15.5	0.0434	0.507	0.471
26	19.6	13.2	12	0.0302	0.279	0.253
27	16.5	15.5	14.5	0.0214	0.232	0.217
28	19.6	14.5	12.5	0.0302	0.306	0.264

29	23.3	16.7	15	0.0426	0.498	0.448
30	26.4	17	16	0.0547	0.651	0.613
31	16.2	16.3	14	0.0206	0.235	0.202
32	26.9	15	13.5	0.0568	0.597	0.537
33	20.2	11.9	10.5	0.032	0.267	0.236
34	19.9	17	15	0.0311	0.37	0.327
35	20.4	15.7	13.5	0.0327	0.359	0.309
36	20.1	16.3	15	0.0317	0.362	0.333
37	26.8	15	13.3	0.0564	0.592	0.525
38	20.1	14.5	13	0.0317	0.322	0.289
39	26.7	17.2	15	0.056	0.674	0.588
40	19.7	16.5	14.6	0.0305	0.352	0.312
41	19.3	15.8	14.7	0.0293	0.324	0.301
42	21.4	16.4	14.5	0.036	0.413	0.365
43	19.7	14.8	13.6	0.0305	0.316	0.29
44	16.5	15.5	13.4	0.0214	0.232	0.201
45	26	15	13	0.0531	0.557	0.483
46	16.8	14.5	12.5	0.0222	0.225	0.194
47	20.4	17	15	0.0327	0.389	0.343
48	16.8	14.5	13	0.0222	0.225	0.202
49	19.8	16	15	0.0308	0.345	0.323
50	20.1	16.5	14.5	0.0317	0.366	0.322
51	10.9	12.3	11	0.0093	0.08	0.072
52	19.4	13.2	12	0.0296	0.273	0.248
53	21.5	14.3	12.8	0.0363	0.363	0.325
54	21.2	12.5	11.4	0.0353	0.309	0.282
55	17.3	15.8	14.5	0.0235	0.26	0.239
56	25.5	17	16.5	0.0511	0.608	0.59
$\Sigma$	1174.8	861.1	777.9	1.9903	21.607	19.551
<b>Promedio</b>	<b>20.98</b>	<b>15.38</b>	<b>13.89</b>	<b>0.0355</b>	<b>0.3858</b>	<b>0.3491</b>

**Anexo 3:** Ubicación del área de la muestra



#### Anexo 4. Panel fotográfico



**Foto 1. Ubicación y reconocimiento del lugar de estudio**



**Foto 2. Marcación de la Parcela 1.**



**Foto 3. Marcación de la Parcela 2.**



**Foto 4. Marcación de la Parcela 3.**



**Foto 5. Marcación de la Parcela 4.**

