

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



MORFOMETRÍA Y COEFICIENTE DE FORMA DE UN MODELO DE FUSTE

PARA UNA PLANTACION MACIZA DE PINO CHUNCHO (*Schizolobium*

***parahyba* (Vell.) S.F.Blake) EN EL CIPTALD-TULUMAYO**

TESIS

Para optar el título de:

**INGENIERO RECURSOS NATURALES
RENOVABLE
MENCIÓN: FORESTALES**

Presentado por:

JIN ERICK VÁSQUEZ RENGIFO

Tingo María - Perú

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

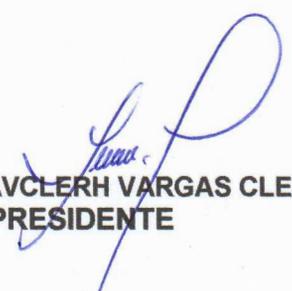
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 30 de Setiembre de 2016, a horas 5:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“MORFOMETRÍA Y COEFICIENTE DE FORMA DE UN MODELO DE FUSTE PARA UNA PLANTACIÓN MACIZA DE PINO CHUNCHO (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake) Huber ex Ducke) EN EL CIPTALD - TULUMAYO”

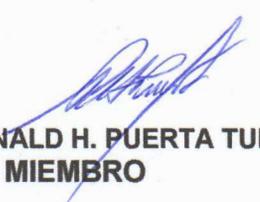
Presentado por el Bachiller: **JIN ERICK VÁSQUEZ RENGIFO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 28 de Junio de 2017


Ing. MSc. **YTAVCLERH VARGAS CLEMENTE**
PRESIDENTE

Dra. **TANIA E. GUERRERO VEJARANO**
MIEMBRO


Ing. MSc. **RONALD H. PUERTA TUESTA**
MIEMBRO


Ing. **JORGE BIRINO ALVAREZ MELO**
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por su amor incomparable y servir de fuente inspiración absoluta.

A mi esposa Carmen De La Cruz Páucar, mi hija Luhana Camila Vásquez De La Cruz, quienes son el motor y la inspiración para seguir adelante.

A mis padres Samuel Vásquez Huansi y Rocio Ushiñahua Sinti, por su apoyo continuo, dedicación y confianza, además de sus sabios consejos para ser cada día mejor.

A mis hermanos David Jairo, Andy Lorenzo, Claudia Melissa, Lucero y Khatie por su comprensión, a parte de su enorme apoyo moral.

A mis compañeros de Universidad, por sus grandes muestras de compañerismo, solidaridad y respeto.

AGRADECIMIENTO

- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en especial a los docentes de la escuela profesional de ingeniería forestal quienes entregaron todos sus conocimientos y experiencias en bien de formar buenos profesionales.
- Al Ing. Jorge Álvarez Melo; por su apoyo desinteresado e invaluable como asesor para realizar este trabajo de investigación. Muchas gracias por su paciencia, confianza y dedicación.
- Asimismo, quiero agradecer especialmente a las siguientes personas quienes ayudaron en todo momento con el apoyo logístico y físico del presente trabajo de investigación: Ing. M.Sc. Ytavclerh Vargas Clemente, y al Ing. M.Sc. David Quispe Janampa.
- A mis amigos y amigas que compartieron y me apoyaron durante mi formación como profesional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Morfometría de un árbol.....	4
2.1.1. Relación altura/diámetro de los árboles.....	5
2.1.2. Altura de inserción de la copa	6
2.1.3. Porcentaje de copa.....	7
2.1.4. Índice de copa	7
2.1.5. El índice de espacio vital o índice de saliencia (IS)	7
2.1.6. Forma de copa (FC)	8
2.1.7. Manto de copa o índice de abragencia (MC).....	8
2.1.8. Índice de esbeltez.....	8
2.2. Tolerancia o Temperamento de las especies.....	9
2.3. Tabla de frecuencia.....	10
2.3.1. Elementos de las tablas de frecuencias	10
2.3.1.1. Datos	10
2.3.1.2. Frecuencia absoluta.....	10
2.3.1.3. Frecuencia absoluta acumulada	11
2.3.1.4. Frecuencia relativa.....	11
2.3.1.5. Frecuencia relativa acumulada	12
2.4. Estudio de la forma del fuste.....	12
2.5. Modelamiento del fuste	13

2.6.	Funciones de ahusamiento y volumen.....	15
2.7.	Estimadores de regresión	17
2.8.	Coeficiente de forma	18
2.9.	Estudios similares (antecedentes)	19
2.10.	Pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake)	22
2.10.1.	Clasificación de la especie	22
2.10.2.	Usos y Aplicaciones	23
2.10.3.	Morfología de la forma del tronco y la copa	24
2.10.4.	Madera	25
2.10.5.	Hojas	25
2.10.6.	Características ecológicas	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1.	Lugar de ejecución.....	27
3.1.1.	Ubicación política y geográfica	27
3.1.2.	Clima	27
3.1.3.	Suelos.....	28
3.1.4.	Antecedentes de la Plantación	28
3.2.	Materiales y equipos	28
3.2.1.	Material Vegetal.....	28
3.2.2.	Materiales y herramientas	28
3.2.3.	Equipos.....	29
3.3.	Metodología	29
3.3.1.	Fase de campo.....	29
3.3.2.	Fase de gabinete.....	32

3.3.3. Diseño estadístico	37
3.3.4. Análisis de datos	40
IV. RESULTADOS	42
4.1. Morfometría a través de los parámetros de copa y fuste en plantaciones macizas de pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).....	42
4.2. Distribución de árboles por categoría diamétrica de pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake). a través de mediciones diametrales en una plantación maciza.	46
4.3. Coeficiente de forma para pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake). a través de mediciones diametrales en una plantación maciza.	48
V. DISCUSIÓN.....	51
5.1. Morfometría a través de los parámetros de copa y fuste en plantación maciza de pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).	51
5.2. Distribución de árboles por categoría diamétrica de pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).....	54
5.3. Coeficiente de forma para pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).....	55
VI. CONCLUSIONES	58
VII. RECOMENDACIONES.....	59
VIII.ABSTRAC.....	60
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXO	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Rangos del coeficiente de variación.....	40
2. Parámetros de copa y fuste en plantaciones de pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).	45
3. Distribución del número de árboles por intervalo diamétrico en la plantación experimental de pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).....	46
4. Determinación de coeficiente de forma para pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).	48
5. Tabla volumétrica de la especie pino chuncho (<i>Schizolobium</i> <i>parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).....	49
6. Datos evaluados para determinar morfometría de pino chuncho.....	70
7. Datos evaluados para determinar la distribución diametral y coeficiente de forma de pino chuncho.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ejemplo de un árbol en sus relaciones morfométricas y latifoliado, modificado a partir de Burger (1939), citado por ARIAS (2005).....	5
2. Perfil del fustal.....	15
3. Método de secciones absolutas (KRAMER y AKCA, 1987).....	32
4. Esquema de cálculo de coeficiente de forma.....	37
5. Esquema de los árboles a evaluar dentro de la plantación.....	39
6. Parámetros morfológicos en individuos de pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).	46
7. Distribución de frecuencias y límites de mediciones diametrales de pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).....	47
8. Comportamiento diametral del fuste en pino chuncho (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake).....	50
9. Plantación de pino chuncho en el CIPTALD	75
10. Plateo y marcado de árboles.....	75
11. Corte en la base de los árboles de pino chuncho	76
12. Corte de diámetros a cada metro de los árboles.....	76
13. D.a.p. a 1.30 m de la base del árbol para distribución diamétrica.....	77
14. Medición a cada metro para coeficiente de forma.....	77
15. Trozas de un metro para coeficiente de forma.....	78
16. Altura comercial de los árboles caídos.....	78

17. Medición de circunferencia para coeficiente de forma.	79
18. Apilado de trozas de pino chuncho.	79

RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de determinar la morfometría, la distribución de árboles por categoría diamétricas y coeficiente de forma de un modelo de perfil del fuste para plantaciones macizas de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake) en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD), en el Distrito José Crespo y Castillo, Provincia Leoncio Prado y Región Huánuco. Se taló 16 individuos de pino chuncho con una edad de siete años de establecido, el modelo del fuste se determinó mediante el método de secciones a cada metro. Respecto a la morfometría se encontró que el pino chuncho presenta en promedio una altura total 19.47 m, altura comercial 11.43 m, Dap 25.39 cm, Longitud de copa 8.04 m, ancho de copa 7,04 m, porcentaje de copa 41.12%, grado de cobertura de copa 0.41, índice de copa 1.21, forma de copa 0.93, índice de espacio vital 27.61, manto de copa 0.35 y esbeltez 78 43; en la variación diametral se encontró valores desde 15.28 cm hasta los 33.93 cm de Dap, distribución en 6 clases, y el tamaño del intervalo de clase fue de 3.11cm y el mayor número de árboles se encontró entre las clases diamétricas de (24.61 – 27.71). Por último, para 16 árboles apeados se encontró un coeficiente de forma de 0.69 con un volumen total de 6.345 m³, volumen aplicando la fórmula del cilindro de 9.195 m³ y un volumen total estimado de 6.424 m³.

I. INTRODUCCIÓN

Existe una preocupación por la deforestación ya que a la tala ilegal de árboles, la agricultura y la minería, conscientes de la depredación de 150 mil hectáreas de bosques al año (FAO, 2013) Frente a tasas altas de deforestación y aprovechamiento selectivo de las especies de alto valor económico. Las plantaciones forestales en el trópico van tomando un alto valor de importancia; Los futuros recursos maderables en varios países tropicales estarán en plantaciones y bosques secundarios manejados.

Al caracterizar las plantaciones forestales, MURILLO (2000) indica que “normalmente se ha recurrido a la medición de los diámetros, las alturas y otros aspectos relacionados con la calidad de los fustes”. RODRÍGUEZ *et al.* (1999) añaden que “pocos estudios contemplan mediciones más detalladas de parámetros de copa, posiblemente por razones del tiempo requerido para la medición y principalmente por la falta de conocimiento sobre cómo emplear la información. Sin embargo, en la literatura se encuentran buenos intentos de caracterizar plantaciones según su vitalidad, criterio evaluado cuantitativamente utilizando variables que incluyen la morfometría de la copa”.

La presente investigación busca contribuir parámetros en el que mencionan la estructura del árbol y coeficiente de tal manera que se empleen para la descripción cuantitativa de la plantación, resaltando los estudios morfométricos, distribución dasométricas y el perfil de fuste describiendo a parámetros de copa que podrían obtenerse desde medidas fundamentales,

dándole importancia a las plantaciones forestales de la especie pino chuncho en una plantación de 7 años de edad, además busca obtener el coeficiente de forma de la especie los cuales nos permitirán obtener un valor más real del volumen de madera en pie comparadas con el volumen de madera aserrada.

La especie forestal Pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake) en la Amazonía no presenta antecedentes que señalen alteraciones de parámetros de copa con respecto de la calidad del lugar, tampoco de modelos fustales, generando interrogantes como ¿Existirá diferencias en morfometría y coeficiente de forma de un modelo de fuste para una plantación maciza de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake) que sean afectadas por la calidad de la planta?.

La importancia de la investigación radica no solo en la morfometría y distribución dasométricas de los árboles de pino chuncho, sino también en las funciones de ahusamiento resultan bastante conveniente cuando los árboles son usados en una diversa categoría de productos (PÉREZ *et al.*, 1990) y se convierte en un instrumento invariable en ejemplos de simulación y optimización del trozado, permitiendo la clasificación de productos en pie (CANCINO, 2000), al respecto, se ha planteado los siguientes objetivos:

- Determinar la morfometría a través de los parámetros de copa (proporción de copa, grado de cobertura de copa, índice de copa, figura de copa, índice de espacio vital, manto de copa así como esbeltez) en una plantación maciza de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

- Determinar la distribución de árboles por categoría diamétricas de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake). a través de mediciones diametrales en una plantación maciza.
- Determinar el coeficiente de forma para pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake). a través de mediciones diametrales en una plantación maciza.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Morfometría de un árbol

DURLO y DENARDI (1998) señalan que, “la morfometría de un árbol a través de las variables de copa brinda una buena idea de las relaciones interdimensionales, el espacio vertical ocupado por cada árbol, la estabilidad, el grado de competencia, vitalidad y productividad de cada individuo en el rodal”. Al revisar la revisión literaria se encuentran unos 7 parámetros morfométricos que son utilizados para describir la estructura del árbol.

La figura 1, describe parámetros con sus índices muy fundamentales correspondientes a la copa de las plantas, inestables así como la altura (general, comercial, dominante), el diámetro del árbol, el área basimétrica, el volumen del fuste y área de proyección de la copa, son mediciones comunes en la práctica forestal. Las variables menos conocidas son la cobertura de copa, el índice de copa, el índice de espacio vital, el porcentaje de copa, la forma de copa y el manto de copa. El diámetro de la copa refleja la dimensión del aparato fotosintético del árbol que está directamente relacionado con su capacidad de crecimiento. El porcentaje de copa, es la conexión de la longitud de copa y la altura general del árbol, se ha empleado como indicador de la vitalidad de los árboles y como regresor en modelos del grado de competencia entre los individuos (DURLO, 1996; DURLO, 2001).

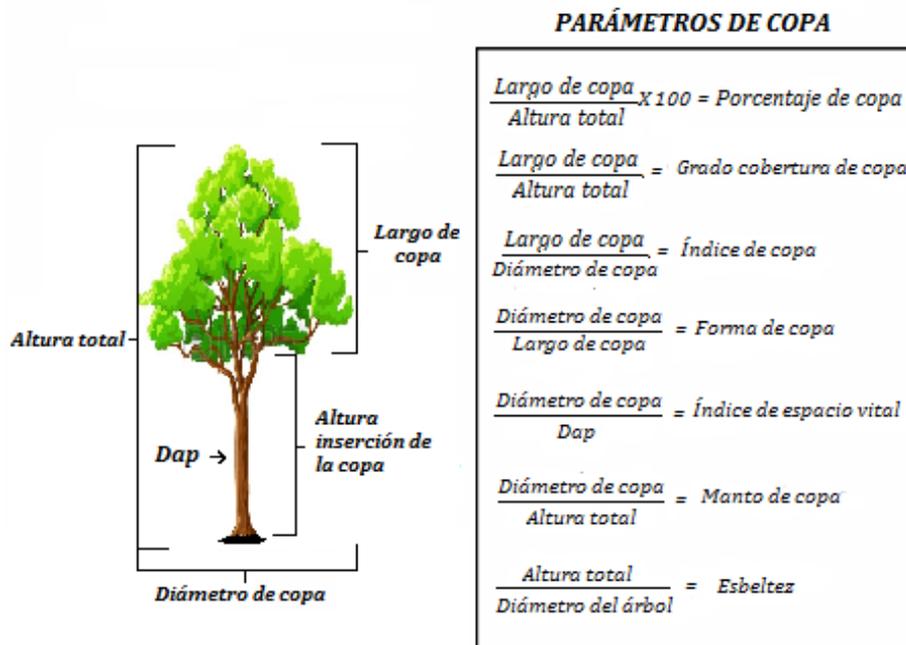


Figura 1. Ejemplo de un árbol en sus relaciones morfométricas y latifoliado. (ARIAS, 2005).

La conexión del diámetro de copa y el diámetro del árbol (d) se manifiesta cuantas veces es superior el diámetro de copa que el diámetro del árbol y es conocido alrededor del índice de espacio vital. STAMPFER (1995) indican que, “han utilizado este índice en árboles creciendo aisladamente para deducir el número máximo de individuos que podrían ocupar una hectárea. Otros valores referidos a la dimensión de la copa dependen del tamaño de los árboles, de la densidad del rodal y las prácticas de manejo como las podas y los aclareos”.

2.1.1. Correspondencia de altura entre el diámetro de los árboles

Su correspondencia de la altura (m) entre el diámetro (cm), también se lo conoce en la literatura como estilizado o esbelto, “es un valor que ha sido

utilizado frecuentemente como un indicador de la estabilidad de los árboles contra los daños ocasionados por fuerzas mecánicas (viento y nieve)” (ARIAS, 2004).

DURLO y DENARDI (1998) señalan que, “valores bajos de la relación h/d están asociados con árboles más cónicos que pueden ser más resistentes al efecto de fuertes vientos; sin embargo, desde el punto de vista de rendimiento en aserrío presentan mayor desventaja con respecto a árboles de similares dimensiones, pero cilíndricos. Entre más alto sea el valor de la esbeltez, menos estable es el árbol al daño mecánico”.

Otra particularidad de suma importancia que se debe considerar corresponde a la relación existente entre el índice de las tensiones de crecimiento y esbeltez en la madera (VIGNOTE *et al.*, 1996).

2.1.2. Altura de inserción de la copa

Corresponde a la medida primordial que acepta después la estimación de otras variables de copa, es por ello que, tiene que definirse claramente si corresponde al punto de inicio de la copa viva o si se coge desde la primera rama viva. En la literatura se menciona una buena correlación entre la altura de inserción de la copa y la altura total del árbol (STRUCK, 1999).

Según ARIAS (2004), “la tendencia natural en una plantación forestal es que la altura de inserción de la copa se desplace hacia arriba conforme la plantación avanza en edad, esto por efecto de los cambios en la cantidad y calidad de la luz que llega al árbol por la competencia. Los efectos

de las podas también modifican el punto de inserción de la copa artificialmente. En este sentido el conocimiento de las relaciones entre la altura de inserción de la copa y la altura total del árbol, puede utilizarse como indicador para la toma de decisiones sobre la altura de la aplicación de la poda en plantaciones”.

2.1.3. Porcentaje de copa

Comprende dentro del porcentaje de copa a “la proporción de la longitud de copa con respecto a la altura total del árbol. Árboles cubiertos por una extensa copa se esperan en sitios de baja ocupación. Este criterio es a menudo utilizado como un indicador de la vitalidad de un árbol” (ARIAS, 2004).

2.1.4. Índice de copa

Variable correspondiente a la relación del diámetro de copa con el largo de la copa. Donde el cociente otorga una gran idea de la dimensión de la copa de los árboles.

“Es un parámetro que representa un criterio útil en la evaluación de la calidad y productividad de un rodal. En sitios de baja fertilidad los árboles pueden presentar copas cuya forma puede ser comparable con un plato mientras que los que crecen en óptimas condiciones muestran copas más delgadas” (ARIAS, 2004).

2.1.5. El índice de espacio vital o índice de saliencia (IS)

Para DURLO (2001) y ARIAS (2005), “El índice de espacio vital expresa cuantas veces es mayor el diámetro de copa que el diámetro del árbol

mostrando la ocupación que necesita un árbol para desarrollarse sin competencia, este índice crece a medida que el árbol engrosa en diámetro”.

2.1.6. Forma de copa (FC)

Según DURLO (2001) nombra que “la forma de copa tiende a disminuir con el aumento en la altura del árbol”. Por contraste, DENARDI y DURLO (1998) establecen que, “cuanto menor es la forma de copa, mayor es la productividad del árbol y que la forma de copa sirve como criterio para prescribir aclareos en el manejo forestal”.

2.1.7. Manto de copa o índice de abragencia (MC)

El manto de copa puede ser considerado como “un indicador de la producción foliar de la masa forestal. Los que presentan un mayor valor de ésta variable indican que se desarrollan bajo condiciones de menor competencia de espacio y de luz, por tanto, tienen mayor capacidad de recibir energía solar” (DENARDI y DURLO, 1998).

2.1.8. Índice de esbeltez

Según ARIAS (2004) considera que consiste en obtener la relación de la altura (m) con el diámetro normal (m), la esbeltez “es un valor que ha sido utilizado como un indicador de la estabilidad de los contra daños ocasionados por fuerzas mecánicas (viento y nieve), valores bajos de esbeltez están asociados con más cónicos que pueden ser más resistentes al efecto de fuertes vientos”. Entre más elevado sea el valor de esbeltez, el árbol menor

estabilidad presentará frente a los posibles daños mecánicos (DURLO y DENARDI, 1998).

2.2. Tolerancia o Temperamento de las especies

Solo algunas especies forestales presentan similar comportamiento delante a la accesibilidad de la luminosidad que presentan en un determinado lugar. Existe una división en 2 grandes agrupaciones de acuerdo a sus exigencias de luz para que las plantas desarrollen.

En caso de que “el grupo de las llamadas intolerantes o simplemente de sol o de luz exigen plena luz para que los árboles prosperen y se desarrollen adecuadamente. En cambio, los árboles tolerantes o de sombra, pueden crecer con menor cantidad de luz y cuando jóvenes bajo la sombra de otros. Resulta obvio que, entre los dos grupos típicos, existen diversas graduaciones y, además, con la edad se produce una acentuación de la intolerancia” (CARRERA, 1987).

El pino chuncho es “heliófitas efímeras, también llamadas *gremio de regeneración; plantas pioneras*. Son especies grandes, de crecimiento rápido, ciclo de vida relativamente corto y se encuentran con mayor densidad en claros recientes o áreas a plena luz” (BINKLEY *et al.*, 2002).

Para DENSLOW (1987), CLARK y CLARK (1984), “la mayoría de las especies arbóreas tropicales son en algún sentido dependientes de la apertura de claros, en la medida en que requieren para su crecimiento y reproducción de niveles lumínicos mayores”.

En definitiva, “existe una relación positiva entre el crecimiento y la precipitación, ya que una cantidad reducida de esta última limita al primero. El gradiente de precipitación y la estacionalidad de la lluvia influyen fuertemente sobre la fisiología de las plantas” (BRIENEN y ZUDEIMA, 2005).

No obstante, “la variación topográfica en disponibilidad de agua en el suelo influye sobre las relaciones agua – planta” (BAKER *et al.*, 2003).

2.3. Tabla de frecuencia

Las tablas de frecuencias “son herramientas de estadística donde se colocan los datos en columnas representando los distintos valores recogidos en la muestra y las frecuencias (las veces) en que ocurren” (MURAY, 1984).

2.3.1. Elementos de las tablas de frecuencias

2.3.1.1. Datos

Donde estos datos corresponden a estos resultados obtenidos en una muestra que se utilizó para el estudio estadístico.

2.3.1.2. Frecuencia absoluta

Abreviada por “ni siendo el número de veces que aparece un determinado valor en un estudio estadístico; cantidad de veces que se repite el valor de la variable; la suma de las frecuencias absolutas es igual al número total de datos, que se representa por n” (MURAY, 1984).

2.3.1.3. Frecuencia absoluta acumulada

Donde esta frecuencia (N_i) corresponde a la sumatoria de las frecuencias absolutas iguales al valor considerado o de todos los valores menores (MURAY, 1984).

$$N_1 = n_1$$

$$N_2 = n_1 + n_2 = N_1 + n_2$$

$$N_3 = n_1 + n_2 + n_3 = N_2 + n_3$$

$$N_k = n$$

Se interpreta como el número de observaciones menores o iguales al i -ésimo del valor de la variable.

2.3.1.4. Frecuencia relativa

Para MURAY (1984), “la frecuencia relativa (f_i) es la proporción de veces que se repite un determinado dato. Corresponde al cociente entre la frecuencia absoluta de un determinado valor y el número total de datos”.

$$f_i = \frac{n_i}{n}$$

Viene a ser igual a 1 la suma de las frecuencias relativas.

2.3.1.5. Frecuencia relativa acumulada

Esta frecuencia (f_i) corresponde al número de observaciones iguales al i -ésimo valor de la variable o menores, sin embargo de forma relativa (MURAY, 1984).

$$F_1 = f_1$$

$$F_2 = f_1 + f_2 = F_1 + f_2$$

$$F_3 = f_1 + f_2 + f_3 = F_2 + f_3$$

$$F_k = 1$$

2.4. Estudio de la forma del fuste

Su forma varía ampliamente en los árboles. Donde la valoración de disminución del diámetro del fuste desde la base al ápice del árbol, denominada como ahusamiento, esto varía entre especies, tamaño y edades de los árboles, factores asociados al manejo del rodal y a las condiciones de sitio.

La investigación de esta forma está determinada básicamente a contribuir con información para estimar el volumen del árbol. “Tradicionalmente se reconocen cuatro líneas en el estudio de la forma. Tres de ellas se basan en relaciones simples: i) factores de forma, que se derivan del cociente entre volúmenes; ii) cocientes de forma, obtenidos del cociente entre diámetros; y iii) puntos de forma, que corresponden al cociente entre alturas; otra línea se basa en funciones más complejas: iv) curvas, fórmulas y tablas de ahusamiento” (CANCINO, 2000).

2.5. Modelamiento del fuste

Para GROSENBAUGH (1966), “la forma del árbol fue adquiriendo nuevos elementos, desde los primeros estudios en los que se advirtió sobre la variabilidad del crecimiento periférico del fuste, con respecto a su axisa vertical lineal, comprendiéndose así que la forma de la masa acumulativa sugería la de un sólido de revolución, definido en dos dimensiones por un perfil radial a lo largo de la axisa vertical. Cualquier función explícita puede especificar ese perfil, que debe tener numerosos puntos de inflexión”.

La silueta del fuste “describe la reducción del diámetro fustal con o sin corteza, con el incremento de la altura por sobre la base del árbol. En el modelamiento del ahusamiento (Figura 2), las variables son escaladas dividiendo el diámetro fustal a i metros por el D_{ap} (d), y la correspondiente altura por la altura total (H)” (VAN LAAR y AKCA, 1997).

GROSENBAUGH (1966) añade que, “muchos buscaron descubrir una función única, simple con dos variables que, envolviendo unos pocos parámetros, pueda ser usada para representar el perfil completo del árbol. Desafortunadamente los árboles pueden asumir una infinidad de formas, de manera que los coeficientes variarán en diferentes grados de árbol a árbol”.

Tiene el propósito de describir la curva fustal por medio de funciones matemáticas, el tronco es habitualmente dividido en una sección baja, una superior y una central (VAN LAAR y AKCA, 1997).

En la figura 2, se presenta el perfil habitual de árboles de fustes excurrentes o monopódicos, característico en las especies coníferas. En caso de las latifoliadas, su comportamiento es diferente, ya que posee un sistema delicuescente o simpódico, donde el árbol ya sea por condiciones de luz, densidad, estado de desarrollo y otros factores; generan trifurcaciones a una altura variable o bifurcaciones.

Así se altera fundamentalmente el ahusamiento del fuste, obstaculizando su modelamiento. Por ende, “los árboles latifoliados necesitan de un grupo de funciones relacionadas entre sí o modelo fustal que, en conjunto, logren una mejor aproximación a su perfil estructural” (VAN LAAR y AKCA, 1997).

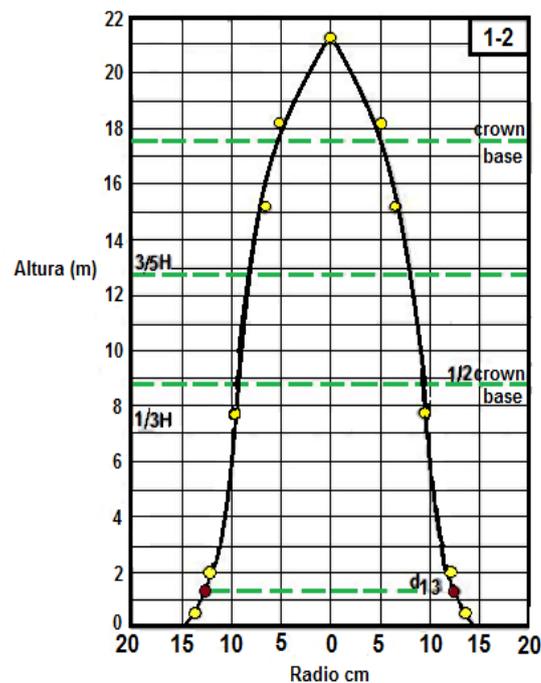


Figura 2. Perfil del fustal.

De acuerdo a PRODAN *et al.* (1997), “los modelos fustales son una herramienta estadística importante de uso corriente en la determinación de volúmenes de árboles y trozas; permiten al usuario estimar tres características básicas de los árboles, que cualquier sistema flexible requiere”, siendo estos:

- Sus diámetros se encuentra en cualquiera de los puntos del fuste.
- Entre cualquier punto del fuste su volumen, o volumen hasta cualquier índice de utilización.
- Se encuentra un diámetro límite especificado en la altura del fuste.

2.6. Funciones de ahusamiento y volumen

De manera general, vienen a ser abundantes los trabajos que se realizan sobre estos tipos de funciones, habiendo muchas publicaciones en importantes revistas científicas respecto a propuestas, pruebas y reexaminaciones de funciones en distintas especies forestales. A esto, PEREZ *et al.* (1990) mencionan que, “las funciones de ahusamiento han resultado muy útiles cuando los árboles son utilizados para una variada categoría de productos”.

Para PÉREZ *et al.*, (1990) desde principios del siglo XIX, “los investigadores forestales fueron buscado métodos para expresar la forma y el perfil del fuste, en base a mediciones de fácil obtención”. Se utilizaron métodos gráficos por Smith y Walters antes de la década del 60’, otorgando abundante

investigación de importancia sobre los diámetros con y sin corteza, además del crecimiento en la madera, pero eran complejas de generalizar a datos agrupados e interpretar (KOZAK *et al.*, 1969). Además investigadores como GROSENBAUGH (1966), “utilizaron expresiones polinomiales en el análisis del ahusamiento del árbol dentro de componentes ortogonales, utilizando técnicas multivariadas para obtener expresiones más generales de la forma del árbol”.

No obstante, dichos métodos se complejizaron en las 3 últimas décadas, desde lo propuesto por KOZAK *et al.* (1969), donde “deriva una función de ahusamiento a partir del arreglo y condicionamiento de la simple función general de la parábola; llegando a sistemas complejos de modelos segmentados”, tales como de PEREZ *et al.* (1990), de los que son; “basados en el supuesto de que el fuste no puede ser completamente modelado en términos matemáticos, resultando conveniente asumir que los segmentos del tronco semejan diferentes formas geométricas; propusieron aplicar la regresión polinomial segmentada al modelamiento fustal”. No obstante, como se hace mención precedentemente, “las ecuaciones generales de ahusamiento pueden ser integradas matemáticamente para entregar tablas estimadoras del volumen fustal total” (PRODAN *et al.* 1997).

En su manera más básica, especificando que “X” viene a ser la altura sobre el suelo, e “Y” como el diámetro que no tiene corteza, “el volumen puede ser determinado por integración de los valores de X desde la base del árbol a la punta. Así mismo, el volumen comercial para cualquier nivel de utilización puede calcularse usando valores apropiados de la variable

independiente X . No obstante, esta aproximación no entrega volúmenes idénticos a aquellos predichos por ecuaciones estimadoras del volumen total. Esto se debe a que el volumen de un árbol con perfil promedio, para una altura y diámetro clase dado, no necesariamente es igual al volumen promedio del árbol en aquella clase” (PEREZ *et al.*, 1990).

Con respecto a lo anterior, CAO (1980), compararon y evaluaron antiguos y modelos nuevos divididos en 3 categorías, ecuaciones de ahusamiento que sean compatibles, modelos de razón de volumen y ecuaciones de ahusamiento no compatibles; en donde “la compatibilidad se refiere a la capacidad de la función de ahusamiento de entregar, una vez integrada, el mismo volumen total que una función particular existente de volumen. Su estudio, hecho en Pino Loblolly, deja comprobada la factibilidad del uso de cada función en aspectos particulares de la dendrometría y la mensura, así mientras unos generan mejores estimaciones del perfil fustal, otros resultan mejores en la estimación de volúmenes a diferentes diámetros de utilización”.

2.7. Estimadores de regresión

En el área forestal se mantienen muchas situaciones de las que se presentan relaciones lineales entre variables que posibilitan la aplicación de estimadores de regresión. “En árboles individuales se observan relaciones lineales entre el volumen y dap^2 , entre el volumen y el área basal, entre el volumen y dap^2 altura. En parcelas de muestreo existen relaciones lineales

entre el volumen y el área basal, entre el volumen y la cobertura de copas, entre el volumen real en terreno y el volumen estimado en fotoparcelas” (CANCINO, 2000).

2.8. Coeficiente de forma

CANCINO (2000) sostiene que “paralelamente se efectuó una aproximación al problema de la forma fustal a través de los llamados coeficientes de forma (q) o también denominados coeficientes mórficos, que corresponden a una razón entre dos diámetros del fuste (d_1 y d_2)”

$$q = \frac{d_1}{d_2}$$

Habitualmente d_2 corresponde al DAP y d_1 a algún diámetro en altura superior (ejemplo: a la mitad de la altura total). Por ello, estos coeficientes son una rápida forma de describir la forma del fuste y su ahusamiento.

Además, la (FAO 1973) define como “la relación entre el volumen del árbol y el volumen del cilindro, donde el área basal (g) se multiplica por la longitud (h), dando como resultado el volumen del cilindro. El volumen de un árbol (V) puede expresarse por el producto entre su área basal (g), su altura (h) y el coeficiente de forma (f)”:

$$V = G \times H \times F$$

El área basal es el área de la sección donde se encuentra el diámetro a la altura del pecho (Dap), y está directamente relacionada con el volumen del árbol; se suele indicar con la letra *g* y surge del producto:

$$\left(\frac{\pi}{4}\right) * \mathbf{Dap}^2 = 0.7854 \times \mathbf{Dap}^2$$

Midiendo el diámetro a la altura del pecho (Dap), conociendo su factor de forma y la altura de un árbol, podemos determinar el volumen de ese árbol. Pero; se encuentra un problema y es que el factor de forma (*f*) de un árbol recién se conoce cuando se tiene conocimiento su volumen. A decir verdad, no hay sentido medir el volumen de un árbol para calcular su factor de forma, para luego determinar el mismo volumen que ya lo conocemos, por ende se necesita determinar un valor promedio del coeficiente aplicable a todos los árboles de interés. Para este cálculo se selecciona una muestra de árboles del conjunto de interés, a cada uno se le mide el Dap, el volumen y la altura, y con esos datos se estima el (*f*) promedio. Finalmente, se aplica este promedio a todos los árboles de interés. En consecuencia, una vez ya determinado el (*f*) promedio, la fórmula que se aplica es:

$$V_i = g_i * h_i + f$$

Dónde:

V_i : Volumen promedio de todos los árboles que tienen área basal (g_i) y altura (h_i).

f : Volumen del árbol / Volumen del cilindro.

2.9. Estudios similares (antecedentes)

LÓPEZ (2015) menciona los parámetros para árboles de achotillo con seis años desde el establecimiento, indica que la altura total fue 16.29 m, la altura comercial 11.16 m, diámetro a la altura del pecho 15.97 cm, longitud de copa promedio 5.14 m, ancho de copa 3.98 m, la inserción de la copa 10.94 m, porcentaje de copa 31.70%, grado de cobertura de copa 0.32, índice de copa 1.33, forma de copa 0.83, índice de espacio vital 25.08, manto de copa 0.24 y la esbeltez fue 103.57.

Del mismo modo para varias especies el promedio de volumen de corteza se le encuentra entre un 10% a un 20% del volumen con corteza. Evidentemente se necesita una estimación más exacta de lo que muestra la corteza, sobre todo si presenta algún valor económico; o representa una sobreestimación del volumen del árbol. Pese a que, dicho tipo de estudios no se ha desarrollado para especies nativas en el Perú.

El espesor de corteza, como lo determinó GUERRA *et al.* (2002) para el pino insigne, está especificado en sí, el efecto del suelo y del sitio. Sitios malos ($IS \leq 26$) estos muestran un mayor porcentaje de corteza, a diferencia del volumen total del árbol, que la presentada por individuos desarrollándose en sitios buenos ($IS \geq 27$).

ARIAS (2005) en su trabajo resalta “la utilidad de los estudios morfométricos de los árboles maderables *Terminalia amazonia*, *Vochysia guatemalensis*, *Vochysia ferruginea*, *Gmelina arborea*, *Hieronyma alchorneoides* y *Pinus caribaea*, enfatizando en algunos parámetros que describen la arquitectura del árbol y que pueden ser utilizados en la descripción

cuantitativa de plantaciones forestales. Para seis especies maderables describió los parámetros de la copa que pueden ser obtenidos a partir de mediciones básicas. Efectuó comparaciones entre especies y analizó el efecto del sitio. El estudio enfatizó en la utilización de algunos de estos parámetros en las evaluaciones silviculturales en plantaciones. Se ilustraron las relaciones entre la altura del árbol y el diámetro del fuste, la relación entre la altura de inicio de la copa y la altura total del árbol y la relación entre el diámetro de copa y el diámetro del fuste”.

GUERRA *et al.* (2002) determinó “el modelo matemático para estimar el volumen comercial del árbol en pie de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) procedente de plantaciones. El estudio se desarrolló en las plantaciones experimentales con diferentes anchos de faja (5 m, 10 m y 30 m) del Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Padre Abad, Ucayali”.

Se realizaron medidas en el diámetro a la altura del pecho (Dap) en el árbol talado y en cada árbol en pie se midió el largo del fuste cada dos m, la altura comercial y el grosor de corteza. Su intensidad de muestreo fue de 20%, evaluando 180 árboles que evidenciaron una distribución normal, con esta información se probaron los 16 modelos matemáticos más empleados en la volumetría de especies tropicales. El volumen comercial sin corteza (VCsc) y el volumen comercial con corteza (VCcc) fueron correlacionados tanto con el Dap, como en la altura comercial (H), manifestando en ambos casos un alto grado de correlación ($P < 0.05$); el aumento volumétrico retrocedió significativamente con la categoría diamétrica ($R^2 = 0.99$; $P < 0.05$).

VALDIVIA *et al.* (2014) en una concesión castañera realizaron un estudio, ubicado en el centro poblado de Planchón, distrito Las Piedras, Madre de Dios, Tambopata, en la cual se “hicieron un censo con un Dap \geq 30 cm de árboles de *Bertholletia excelsa* H.B.K., al interior de la concesión del Sr. Pedro Quispe Quispe, tomando como variables cuantitativas (alturas, diámetro a la altura de pecho, diámetro de copa), variables cualitativas (calidad de fuste, forma de copa y clase de árbol) y parámetros morfométricos propuestos por (DURLO, y ARIAS, 2004) (índice de copa, porcentaje de copa, grado de esbeltez, índice de saliencia, monto de copa y cobertura de grado de copa). Los resultados, sugieren la aplicación de 2 índices morfométricos en la selección de candidatos para semilleros de *Bertholletia excelsa* H.B.K., por lo cual los individuos seleccionados como candidatos deben poseer valores de índice de saliencia entre 15 – 25 y valores de grado de esbeltez superiores a 50 (>50)”.

2.10. Pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake)

2.10.1. Clasificación de la especie

Su taxonomía de la especie (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake) se encuentra ubicada en las siguientes ordenes (CRONQUIST, 1988).

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Sub clase : Magnoliidae

Superorden : Fabanae

Orden	:	Fabales
Familia	:	FABACEAEA
Género	:	Schizolobium
Especie	:	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake
N. Vulgar	:	“Pino Chuncho”, “pashaco”

El *Schizolobium parahyba* esta es una especie de grande distribución geográfica, donde recibe varios nombres comunes, dependiendo a la zona, región o país donde se encuentre.

Por ejemplo en el Perú y Ecuador lo conocen con el nombre de pashaco y pino chuncho.

En la mayor parte de Centroamérica se le denomina zorra y tambor. En Brasil recibe los nombres de parica o paricá grande, pinho ciuabano, guapuruvú, faveira branca, bacurubú, pinho, pau de ventém y ficheiro. (Lewis, 1987; Mainieri & Perez, 1989; Lorenzi, 1992; 1989; Chichignoud *et al.*, 1990; INIA, 1996).

2.10.2. Usos y Aplicaciones

Su madera del pino chuncho es blanda y, mayormente, “se utiliza para laminados, enchapados, aglomerados, puertas, cajas, maquetas, juguetería, tacos de calzados y embalajes; además de que cuenta con características adecuadas para la elaboración de pulpa para papel” (LUDEÑA y

BUENO, 1989; MAINIERI & PERES, 1989; CHICHIGNOUD *et al.*, 1990; PAFBOL- FAO, 1998). “La poca durabilidad de la madera de esta especie se debe a su falta de resistencia al ataque de hongos, termitas e insectos barrenadores, por lo que requiere tratamientos preservantes” (MAINIERI & PERES, 1989; CHICHIGNOUD *et al.*, 1990; INIA, 1996; TOLEDO & RINCÓN, 1996).

El pino chuncho “es apropiado para sistemas agroforestales debido a su rápido crecimiento y buena forma” (SALDÍAS *et al.*, 1994) y se lo considera una especie generadora de nitrógeno, por lo cual se utiliza para la recuperación de suelos empobrecidos (INIA, 1996; SALDÍAS *et al.* 1994) nombra que la especie lleva miel. El valor medicinal de *S. parahyba* es poco conocido, aunque DUKE y VÁSQUEZ (1994) reportan que “de sus hojas se prepara un té febrífugo”.

2.10.3. Morfología de la forma del tronco y la copa

Dichos árboles, “son inermes, de tamaño mediano a grande, su altura fluctúa entre 25 y 40 m y su diámetro a la altura del pecho puede llegar hasta los 100 cm. El tronco es cilíndrico, recto, sin ramificaciones precoces y muy raras veces defectuoso” (TOLEDO & RINCÓN, 1996). La base del tronco normalmente presenta de tres a cinco aletones laminares, equiláteros, delgados, de tres a seis centímetros de grosor, a veces bifurcados, de color café amarillento y esta tonalidad se muestra más clara que el tronco.

“La copa es redondeada y abierta, poco densa, y decidua en la época seca. Las ramas crecen generalmente perpendiculares al fuste y su disposición es relativamente verticilada. Las ramas jóvenes son paquicaules,

lisas, con lenticelas pequeñas y cicatrices que dejan las hojas al caer. En el tronco también se manifiestan cicatrices transversales, dejadas por el desprendimiento de las ramas” (MAINIERI & PERES, 1989; SALDÍAS *et al.*, 1994; INIA, 1996; VÁSQUEZ, 1997).

2.10.4. Madera

El duramen es de color blanco rosa o crema y la albura amarillenta (CHICHIGNOUD *et al.*, 1990; PAF-BOL- FAO, 1998). Normalmente, estos árboles presentan aumento del grosor de las ramas y, con menos frecuencia, “mamelones” de color un poco más oscuro en ramas primarias y en el tronco, los que logran alcanzar hasta treinta centímetros de diámetro. Estas deformaciones se muestra, también, en *Anadenanthera colubrina* y *Hura crepitans*, posiblemente debido a la acción de un hongo parasitario (JUSTINIANO & FREDERICKSEN, 1998; JUSTINIANO & FREDERICKSEN, 2000).

2.10.5. Hojas

Estas hojas “son compuestas, bipinnadas, dispuestas en espiral, agrupadas hacia el final de las ramas y de gran tamaño. En árboles maduros pueden medir de 40 a 100 cm de largo y en individuos jóvenes hasta 2 m. Las hojas tienen de 12 a 25 pares de pinnas opuestas de 10 a 20 cm de largo, cada una con 7 a 20 pares de foliolulos opuestos de 1.8 a 3.5 cm, sobre peciolulos de 1mm. El pecíolo y los peciolulos son pulvinulados. Los foliolulos son lineales

oblongos, con el margen entero, el ápice y la base redondeada; el haz verde grisáceo y el envés verde pálido” (PARIONA, 1989). Sus brotes nuevos o yemas foliares son pegajosos al tacto, dicha característica se muestra más en hojas jóvenes. (LORENZI, 1992).

2.10.6. Características ecológicas

Según MARTÍNEZ, (1985) este pino chuncho “es una especie estrictamente heliófita, de crecimiento acelerado y muy común en bosques secundarios establecidos en áreas que han sufrido grandes disturbios, como los producidos por los incendios y la agricultura migratoria. En áreas sujetas a aprovechamiento forestal, también es muy frecuente encontrar regeneración natural de esta especie (por ejemplo, en caminos, rodeos o patios de acopio). El pino chuncho es una especie heliófita tardía, pionera que, en circunstancias poco frecuentes, puede encontrarse en bosques relativamente maduros, ya que es probable que su vida no exceda los 60 años”.

Normalmente esta especie se encuentra en los estratos más altos de los bosques secundarios, debido a “no tolerar la falta de luz directa. Por lo tanto, se considera que *Schizolobium parahyba* es una de las especies arbóreas nativas de crecimiento más rápido en los bosques neotropicales” (LORENZI, 1992).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política y geográfica

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD), área que pertenece a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS); que se encuentra ubicado políticamente en el distrito José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado y Región Huánuco, que abarca entre pastos, cultivos agrícolas, plantaciones forestales y bosques secundarios, parte del área presenta suelos inundables y temporalmente inundables. Cuyas coordenadas UTM son las siguientes: Este 385825 y Norte 8990892.

3.1.2. Clima

Su clima se caracteriza por ser húmedo y cálido, con temperaturas medias anuales que oscilan alrededor de los 24°C. Las precipitaciones pluviales superan los 3000 mm por año, siendo así los meses de mayor precipitación de noviembre a marzo. Ecológicamente; de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIGE (1987), la zona de estudio dentro de la zona ecológica: bosque muy húmedo Premontano sub Tropical (bmh-PST) y de

acuerdo a las regiones naturales del Perú, se encuentra en la Selva Alta o Rupa Rupa.

3.1.3. Suelos

Los suelos de la zona de Tulumayo tienen la conformación típica de llamadas llanuras cuyo relieve está comprendido desde 1 a 5% tomando grandes zonas homogéneas, son suelos con fertilidad muy baja, pesados, arcillosos que dificultan un adecuado drenaje.

3.1.4. Antecedentes de la Plantación

La base de estudio es una plantación de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake) que posee una edad aproximada de 7 años, fue instalada en Agosto del 2007; ubicada en las instalaciones del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria y puerto Súngaro (CIPTALD – UNAS), está orientada en filas y columnas con un distanciamiento de 10 m x 10 m, El mantenimiento y deshierbe de esta plantación fue realizada periódicamente cada 4 meses.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material Vegetal

- Plantación de Pino Chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake). con una edad de siete años.

3.2.2. Materiales y herramientas

- Cinta métrica para medición de diámetros de fuste.
- Wincha de 50m para la evaluación de la longitud de fuste.

- Wincha de 5 metros.
- Brújula para obtener las orientaciones.
- Formatos de evaluación.
- Libreta de campo.
- Machete.
- Sogas.

3.2.3. Equipos

- Motosierra.
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- Cámara fotográfica.

3.3. Metodología

3.3.1. Fase de campo

Se evaluó un total de 73 árboles de pino chuncho, de los cuales para determinar el coeficiente de forma se seleccionó los árboles al azar teniendo en cuenta el número de muestras para no incurrir en error de los datos.

3.3.1.1. Medición del árbol para la morfometría

Se evaluó un total de 73 árboles, se taló los mismos según el número de muestras, para la morfometría se consideró las siguientes

dimensiones: la longitud total o altura total, altura comercial, el diámetro de copa y la longitud de la copa.

Se determinó la relación entre la altura (m) y el diámetro (cm); motivo por la cual se ha medido la altura total del árbol talado empleando una wincha y el diámetro del fuste medido con una forcípula colocada a 1.30 m desde el suelo, metodología considerada por ARIAS (2004).

a. Porcentaje de copa

Se ha evaluado la longitud de la copa desde la primera rama viva del fuste hasta la parte apical del árbol y luego se ha medido la altura total del árbol con una wincha de 30 m, metodología propuesta por ARIAS (2004).

b. Índice de copa

Se ha considerado la metodología de ARIAS (2004), que considera en medir con una wincha el largo de la copa que comprende desde la primera rama en el fuste hasta la parte apical del fuste y posteriormente el diámetro de copa del árbol que se ha medido la dimensión que alcanzó el diámetro de copa cuando el árbol estaba caído.

c. Diámetro del fuste

El diámetro del fuste evaluado en el árbol fue bajo el método de secciones absolutas, iniciando a 0.30 m, 1.30 m, 2.30 m, 3.30 m, etc., considerando desde el registro inicial (KRAMER y AKCA, 1987). Para esta

actividad se ha empleado la forcípula orientado en cruz y las unidades utilizadas fueron en centímetros.

3.3.1.2. Determinación de la tabla de frecuencia por categoría diamétrica

Para determinar la tabla de frecuencias o distribución de frecuencias se tomaron las siguientes consideraciones

a. Toma de datos para la elaboración de la tabla diamétrica

Previo al corte de los árboles, se evaluó todos los individuos con el objetivo de obtener información del Dap de cada uno de ellos, con los datos, se elaboró la tabla diamétrica consecutivamente el número de muestras.

Las evaluaciones para determinar las clases diamétricas fueron tomadas de la totalidad de los árboles,

b. Construcción de tablas diamétricas

Se contó las observaciones pertenecientes a cada clase; este valor fue denominado frecuencia absoluta (f_i) de las clases, luego se calculó la frecuencia relativa de cada clase (f_r) (GUTIERREZ, 2008).

3.3.1.3. Determinación del coeficiente de forma

Para la determinación del factor de forma se evaluó todos los árboles con el fin de obtener el volumen real de cada uno de ellos. Los árboles

fueron apeados a una altitud de 30 cm del nivel del suelo, con el apoyo de una motosierra, realizando posteriormente las medidas a 1 m. con la información obtenida se elaboró matrices para realizar el cálculo del factor de forma de cada uno de los árboles apeados. Respecto al modelo fustal, se realizó mediante el método de secciones absolutas (KRAMER y AKCA, 1987), la cual se realizó cortes al fuste y fueron divididos en secciones del mismo largo (1m) desde los 0.30 cm del suelo, se midieron los diámetros al inicio y al finalizar de cada sección hasta llegar a la última sección, cuya longitud así mismo se anotó sin duda esta fuese distinto al largo establecido (Figura 3).

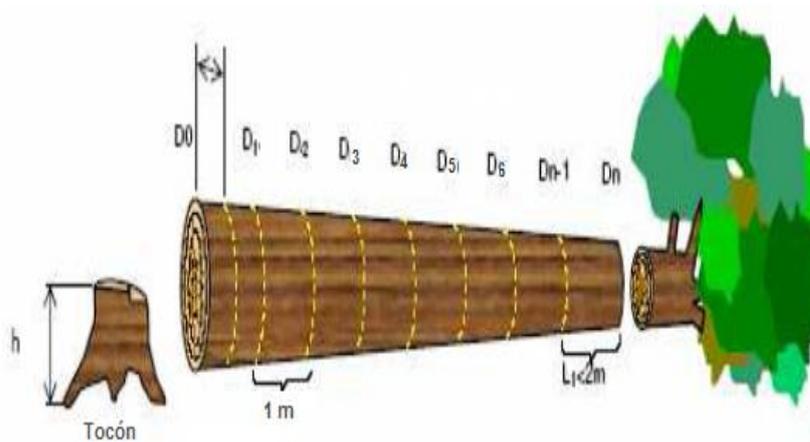


Figura 3. Método de secciones absolutas (KRAMER y AKCA, 1987).

3.3.2. Fase de gabinete

3.3.2.1. Fórmulas para determinar parámetros de copa

Los datos fueron llevados a gabinete de la UNAS para calcular las operaciones estadísticas correspondientes. Las fórmulas empleadas para el parámetro de copa fueron:

a. Determinación del coeficiente de variación

El coeficiente de variación nos permitió comparar la variabilidad de los diámetros entre parcelas y entre estratos del bosque. Se determinó con la siguiente fórmula:

$$CV \% = (S/X) * 100$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t + X)^2}{n-1}}$$

Dónde:

CV % : Coeficiente de variación en porcentaje

S : Desviación estándar

X : Promedio poblacional

b. Determinación de la morfometría

Las fórmulas empleadas para el parámetro de copa fueron las siguientes:

$$\text{Porcentaje de copa} = \frac{\text{Longitud de copa (m)}}{\text{Altura total (m)}} * 100$$

$$\text{Grado de cobertura de copa} = \frac{\text{Longitud de copa (m)}}{\text{Altura total (m)}}$$

$$\text{Indice de copa} = \frac{\text{Longitud de copa (m)}}{\text{Diámetro de copa (m)}}$$

$$\text{Forma de copa} = \frac{\text{Diámetro de copa (m)}}{\text{Altura total (m)}}$$

$$\text{Índice de copa} = \frac{\text{Diámetro de copa (m)}}{\text{Dap (m)}}$$

$$\text{Manto de copa} = \frac{\text{Diámetro de copa (m)}}{\text{Altura total (m)}}$$

$$\text{Esbeltez} = \frac{\text{Altura total (m)}}{\text{Diámetro del árbol (m)}}$$

3.3.2.2. Distribución de árboles por categoría diamétrica

Con los datos obtenidos se realizó las tablas diamétricas. Se siguieron los pasos siguientes:

a. Cálculo del rango

$$\text{Rango} = \text{Observación mayor} - \text{Observación menor}$$

b. Cálculo del número de clases

$$K = 1 + 3.3 \log(n)$$

c. Cálculo del tamaño del intervalo de clases

$$\text{TIC} = \text{Rango}/K$$

d. Cálculo de los límites de las clases

Para formar la primera clase, se puso como límite inferior de la primera clase un valor un poco menor que el dato menor encontrado en la muestra y seguidamente se suma a este valor TIC, resultando de esta manera el límite superior de la primera clase, después se procede a obtener los límites de la clase siguiente y así sucesivamente.

Dónde:

Lli : Límite inferior de la clase "i"

LSi : Límite superior de la clase "i"

LS1: LI1 + TIC

LI2 : LS1

LS2 : LI2 + TIC

LI3 : LS2

3.3.1.1. Cálculo del coeficiente de forma

Para ello se utilizó las siguientes fórmulas:

a. Cubicación de trozas

Volumen para una sección del árbol:

$$V_j = \left(\frac{D_i^2 + d_i^2}{2} \right) * \frac{\pi}{4} * L$$

Volumen total:

$$V_{\text{tot}} = \sum_{j=1}^n \left(\left(\frac{D_i^2 + d_i^2}{2} \right) * \frac{\pi}{4} * L \right)$$

Volumen de la última sección:

$$V_{\text{ult}} = \pi * r^2 * \left(\frac{1}{3} \right) * L$$

Dónde:

V_j	:	Volumen de troza (m ³).
V_{tot}	:	Volumen total (m ³).
V_{ult}	:	Volumen de la última sección
d_i	:	Diámetro mínimo (m).
D_i	:	Diámetro máximo (m).
L	:	Longitud (m).
r	:	Radio de troza.

Generalmente cuando se habla de coeficiente mórfico o forma se sobreentiende que la forma geométrica de comparación es un cilindro que tenga como diámetro, el dap (1.30 m). Según esto el coeficiente de forma se calculó como la razón entre el volumen del árbol y el volumen del cilindro de referencia.

$$f = \frac{V \text{ árbol}}{\pi/4 * d^2 * h}$$

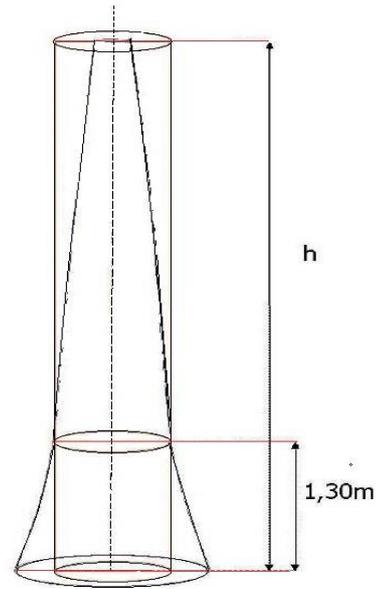
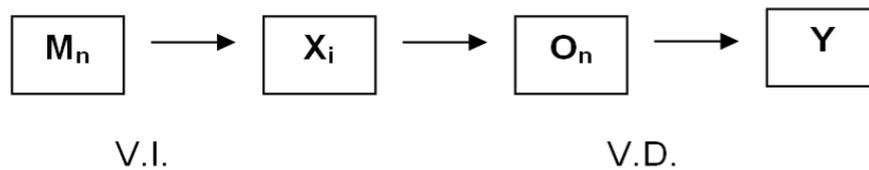


Figura 4. Esquema de cálculo de coeficiente de forma.

3.3.3. Diseño estadístico

La investigación referente a determinar el perfil del fuste, presenta un diseño correlacional – causal, debido que se limitó a establecer relaciones entre variables y se pretendió analizar relaciones causales. Se buscaron evaluar relaciones causales debido que se basan en planteamientos de hipótesis causales (HERNÁNDEZ *et al.*, 2007).



Donde:

M_1 : Muestras n (varios grupos de estudio)

- X_i : Variable(s) independiente(s) de estudio
- O_1 : Observaciones n: Resultados
- Y : Variable dependiente (morfometría, frecuencia y coeficiente de forma).

3.3.4.1. Tamaño de muestra

Según TAPIA y NÁVAR (1997), el número de árboles debe estar comprendida entre 100 a 140 árboles; motivo por la cual, para la investigación se utilizó 73 individuos de pino chuncho donde se evaluó la morfometría tabla de frecuencia en un 100% y para el coeficiente de forma se consideró solo 16 árboles ubicados en los bordes de la plantación por considerar el efecto de borde según la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

Con respecto a los valores de la formula se tomó las siguientes consideraciones:

σ =Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, se utilizó un valor constante de 0,5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo tomó en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual).

e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, se utilizó un valor promedio de 0.05 que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09).

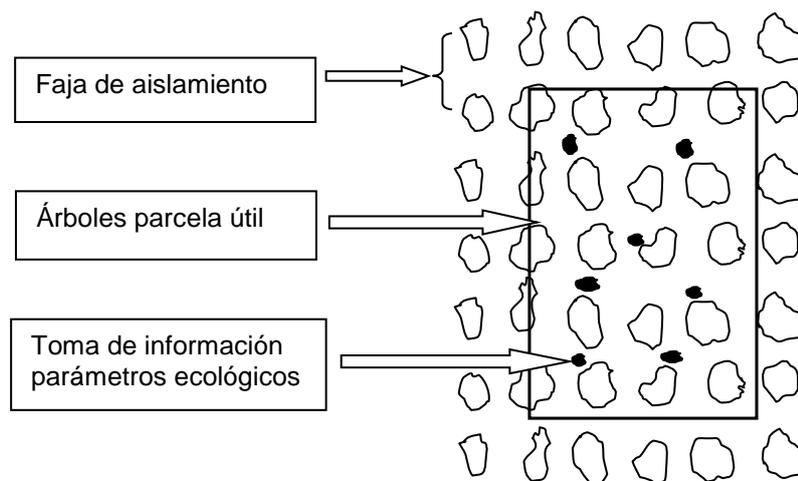


Figura 5. Esquema de los árboles evaluados dentro de la plantación.

3.3.4.2. Variables evaluadas

- Variables independientes

- Diámetros del fuste
- Altura del fuste

- Longitud de copa
- Diámetro de copa

- Variables dependientes

- Coeficiente de forma
- Esbeltez
- Índice de espacio vital

3.3.4. Análisis de datos

Los datos fueron tabulados en el programa Ms Excel 2010 y procesados en el paquete estadístico SPSS v. 21, en donde se aplicó la estadística descriptiva para obtener los promedios y el coeficiente de variación de las variables dasométricas y los índices morfométricas para cada índice se aplicó el mismo método estadístico, posteriormente el informe final se ha digitado en el programa Ms Word 2010. Los valores considerados para el coeficiente de variación se prosiguieron lo propuesto por CALZADA (1976).

Cuadro 1. Rangos del coeficiente de variación.

Coeficiente de variación	Dispersión de datos o variable respuesta
$0 < CV \leq 10$	Excelente homogeneidad
$10 < CV \leq 15$	Muy buena homogeneidad
$15 < CV \leq 20$	Buena homogeneidad
$20 < CV \leq 25$	Regular homogeneidad
$25 < CV \leq 30$	Resultados variables

CV > 30

Resultados muy variables

IV. RESULTADOS

4.1. Morfometría a través de los parámetros de copa y fuste en plantaciones macizas de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

La altura total registradas para el pino chuncho con n siete años desde el establecimiento, alcanzó un valor promedio de 19.47 m, con un coeficiente de variación con buena homogeneidad de datos, la cual indica que los árboles talados presentaban similar altura total debido a que 13.95 m representaba el árbol con menor altura, mientras que 25.92 m representó la mayor altura total.

La altura comercial del pino chuncho alcanzó en promedio 11.43 m, con una longitud mínima de 6.60 m y la mayor altura comercial comprendió 16.80 m, estos valores registrados presentó regular homogeneidad de datos (20.84%), aunque se observó la presencia en algunos casos de ramas separadas de la copa o en otros árboles se observó bifurcaciones.

El diámetro a la altura del pecho (1.30 m sobre el suelo) en promedio alcanzó 25.39 cm, registrando buena homogeneidad de dispersión de los datos de la plantación, debido a que el menor Dap fue 15.28 cm y el árbol con mayor Dap registró 33.93 cm.

La longitud de copa promedio fue de 8.04 m, con resultados muy variables, debido a que el menor valor fue 3.45 m, mientras que el mayor valor encontrado fue 12.90 m.

El ancho de copa registrada en el árbol de pino chuncho fue 7.04 m en promedio, con resultados de dispersión muy variables (30.84%), debido a que el menor ancho de copa fue 3.05 m, y la copa más ancha fue 11.50 m a pesar de que la plantación encontraba a un distanciamiento de 10 m x 10 m.

El porcentaje de copa promedio en los individuos de *Schizolobium parahyba* fue 40.12%, la cual indica que la tercera parte de la altura total está cubierta por la copa (una relación cercana de 1 a 1); además, los resultados obtenidos fueron variables por presentar 25.05% en coeficiente de variación.

El grado de cobertura de copa ratifica de toda la altura total de los árboles de pino chuncho, un poco más de la tercera parte está cubierta por la copa (0.41) y los datos de esta muestra representan resultados variables, debido a que el menor valor fue 0.21 y el mayor 0.60.

Índice de copa en promedio fue 1.21, la cual indica que el largo o longitud de la copa en los árboles de pino chuncho es casi 1.14 veces mayor que el ancho de copa. Se encontró que la variabilidad mediada a través del coeficiente de variación representa resultados de regular homogeneidad (33.37%), debido a que hubo árboles con índices bajos como 0.41 y con índices muy altos 2.71.

La forma de copa registró una media de 0.93, la cual indica que el ancho de copa es 0.88 veces mayor que la Longitud de copa, mostrándose árboles con copas más largas (2.47) y algunas con copas achatadas que solo registraron valores de forma de copa similar a 0.37. Además, se ha encontrado que los resultados obtenidos muestran datos muy variables (38.65%).

El índice de espacio vital promedio para el pino chuncho fue 27.61, lo que indica que el ancho de copa es 27,72 veces mayor al diámetro a la altura del pecho (Dap), además, se encontró que la variabilidad (23.20%) indica regular homogeneidad de los datos obtenidos en la muestra, con valores considerados desde 17.19 (árboles con copa pequeña) hasta 41.70 representada por los árboles con bifurcaciones o copas anchas.

El manto de copa promedio en pino chuncho es 0.36, la cual indica que la altura total es 2.77 veces mayor que el ancho de copa, registrándose valores mínimos desde 0.21 hasta máximos de 0.57, presentando resultados variables.

La esbeltez en promedio fue 78.43, lo que expresa buena homogeneidad de los datos (15.96%) la cual indica que los árboles de pino chuncho fueron cilíndricas.

El índice menor encontrado fue de 59.02, mientras que el mayor valor fue de 113.10 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de copa y fuste en plantaciones de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

Parámetros	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	CV (%)
Altura total (m)	13.95	25.92	19.47	2.76	14.19
Altura comercial (m)	6.60	16.80	11.43	2.38	20.84
Dap (cm)	15.28	33.93	25.39	4.87	19.17
Longitud de copa (m)	3.45	12.90	8.04	2.37	29.46
Ancho de copa (m)	3.05	11.50	7.04	2.17	30.84
Porcentaje de copa (%)	21.37	60.00	41.12	10.30	25.05
Grado de cobertura de copa	0.21	0.60	0.41	0.10	25.05
Índice de copa	0.41	2.71	1.21	0.39	32.37
Forma de copa	0.37	2.47	0.93	0.36	38.65
Índice de espacio vital	17.19	41.70	27.61	6.40	23.20
Manto de copa	0.21	0.57	0.36	0.10	26.70
Esbeltez	59.02	113.10	78.43	12.52	15.96

CV: coeficiente de variación.

La altura total promedio de los árboles de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake) con una edad de siete años desde el establecimiento fue 19.47 m, con una altura comercial de 11.43 m, mientras que la longitud de copa fue 8.04 m y ancho de copa 7.04 m (Figura 6).

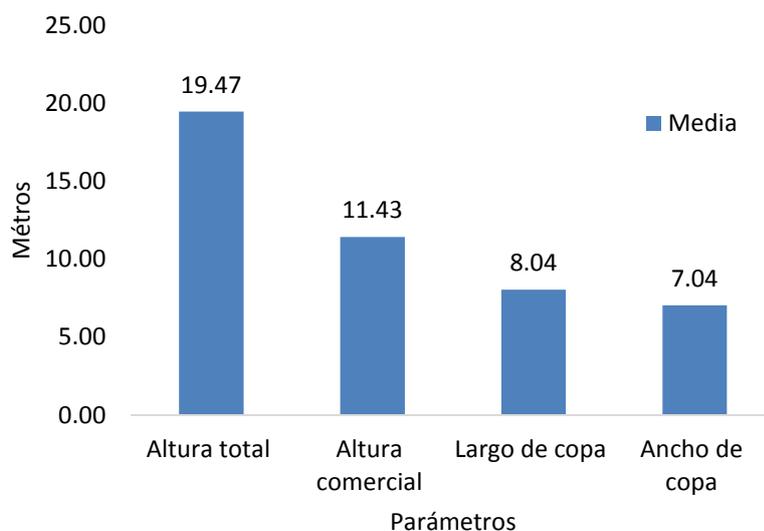


Figura 6. Parámetros morfológicos en individuos de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

4.2. Distribución de árboles por categoría diamétrica de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake). a través de mediciones diametrales en una plantación maciza.

Cuadro 3. Distribución del número de árboles por intervalo diamétrico en la plantación experimental de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

Clase	Límite inferior	Límite superior	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[15.28	18.39]	16.83	8	0.11	8	0.11
2	(18.39	21.50]	19.94	7	0.1	15	0.21
3	(21.50	24.61]	23.05	16	0.22	31	0.42
4	(24.61	27.71]	26.16	19	0.26	50	0.68
5	(27.71	30.82]	29.27	9	0.12	59	0.81
6	(30.82	33.93]	32.38	14	0.19	73	1.00

MC: Marca de clase, FA: Frecuencia absoluta, FR: Frecuencia relativa, FAA: Frecuencia absoluta acumulada, FRA: Frecuencia relativa acumulada.

En la distribución de 73 árboles de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake) se puede observar que la variación diametral fue principalmente desde 15.28 cm hasta los 33.93 cm de diámetro a la altura del pecho (D.A.P.) Con estos datos se alcanzó un número de clases de 6, y el tamaño del intervalo de clase fue de 3.11cm. El mayor número de árboles se encontró entre los límites inferior y superior de las clases diamétricas de (24.61 – 27.71]. Se puede notar claramente a pesar de que los árboles muestreados de *Schizolobium parahyba* son árboles maduros; describe un comportamiento irregular por lo que se puede afirmar que no muestra una distribución normal. (Cuadro 3 y Figura 7).

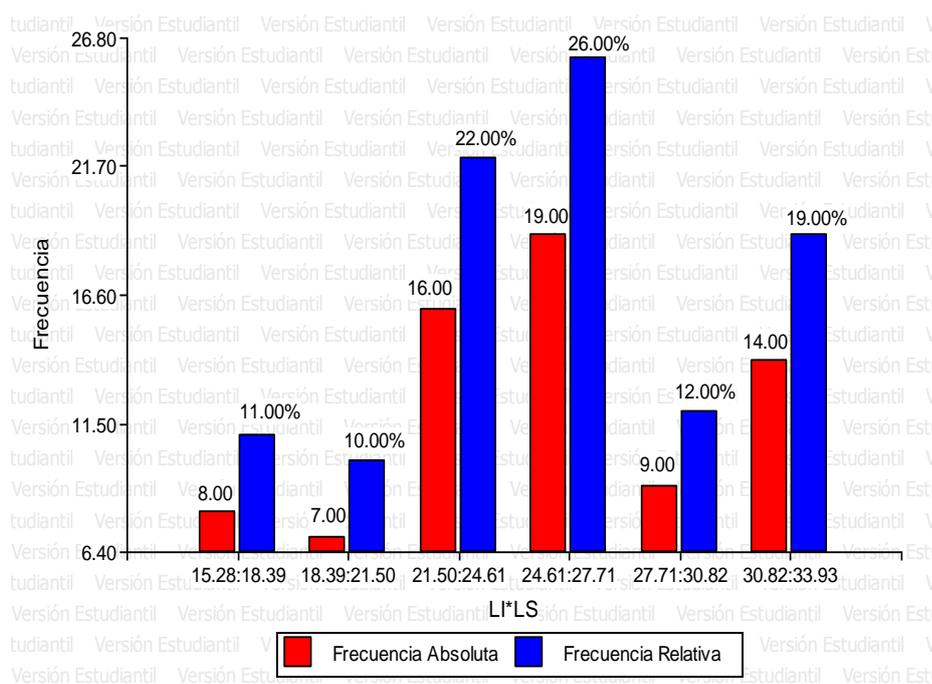


Figura 7. Distribución de frecuencias y límites de mediciones diametrales de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

En la figura 7 se puede apreciar que el menor número de árboles que se encontró entre las clases diamétricas de (18.39 – 21.50]. Fue de 7 árboles que representa el 10 % de todos los árboles, y el mayor número de

árboles se encontró entre las clases diamétricas de (24.61 – 27.71]. Fue de 19 árboles que representa el 26% del total seguido de las clases diamétricas de (21.50 – 24.61). Con 16 árboles que representa el 22%.

4.3. Coeficiente de forma para pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake). a través de mediciones diametrales en una plantación maciza.

Cuadro 4. Coeficiente de forma para pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

Nº Árb.	Cód. Árb.	D.A.P. (m)	HC (m)	Vol. Cilindro (m ³)	Volumen estimado (m ³)	Coeficiente de forma
				$V=\pi/4*D^2*HC$	$V=\pi/4(D1^2+D2^2/2)$	$F=\sum Vf/\sum Vc$
1	10/6/2	0.26	12.60	0.674	0.485	0.72
2	16/12/2	0.24	13.80	0.634	0.431	0.68
3	27/1/4	0.15	11.10	0.204	0.133	0.65
4	33/7/4	0.24	12.60	0.564	0.398	0.71
5	35/9/4	0.19	11.10	0.318	0.215	0.68
6	36/10/4	0.20	11.25	0.355	0.247	0.70
7	40/3/5	0.25	13.05	0.625	0.477	0.76
8	42/5/5	0.26	13.50	0.726	0.490	0.68
9	46/3/6	0.27	12.90	0.742	0.533	0.72
10	47/4/6	0.27	12.90	0.724	0.516	0.71
11	49/6/6	0.26	12.40	0.663	0.467	0.70
12	53/10/6	0.25	12.90	0.631	0.448	0.71
13	56/13/6	0.29	13.80	0.913	0.638	0.70
14	57/14/6	0.23	12.60	0.537	0.358	0.67
15	67/5/7	0.22	11.70	0.443	0.299	0.68
16	68/6/7	0.20	13.50	0.440	0.272	0.62
Sumatoria				9.195	6.424	Promedio 0.69

En el cuadro 4 se observa que para la especie *Schizolobium parahyba*, se obtiene un coeficiente de forma promedio de 0.69 debido a que

son árboles que se encuentran en bosque primario y secundario los cuales los diámetros se encuentran entre 15.57 cm y 29.28 cm. y alturas comerciales que se encuentran entre 11.10 m. y 13.80 m.

Con los datos obtenidos en campo se procedió a realizar el cuadro antes mencionado, tomando como referencia solo 16 árboles de pino chuncho (*Schizolobium parahyba*), en la misma que se aplicó la fórmula de Smalian para cada árbol obteniendo los factores de forma de cada una de ellas, de las cuales se puede observar que el volumen del cilindro total para los 16 árboles fue de 9.195 m³ y el volumen total estimado según la fórmula de Smalian siendo está calculado por secciones de un metro tiene un volumen total de 6.424 m³.

Cuadro 5. Tabla volumétrica de la especie pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

Especie	Vol. Aplicando CF (m ³)	Vol. Cilindro (m ³)	Vol. Estimado (m ³)	Coeficiente de forma	Vol. Con el cf. 0.7 (m ³)
<i>S. parahyba</i>	6.345	9.195	6.424	0.69	6.436

Según los datos obtenidos en el cuadro resumen, podemos deducir que el volumen real es inferior al volumen calculado con el coeficiente de forma utilizado por el Ministerio del Ambiente, pero el aplicando el factor de forma obtenido en el estudio se puede observar que la diferencia es significativa en comparación al volumen real. De acuerdo al análisis establecido en el cuadro número 5 las empresas madereras y pequeños productores no están determinando el volumen exacto para el aprovechamiento forestal.

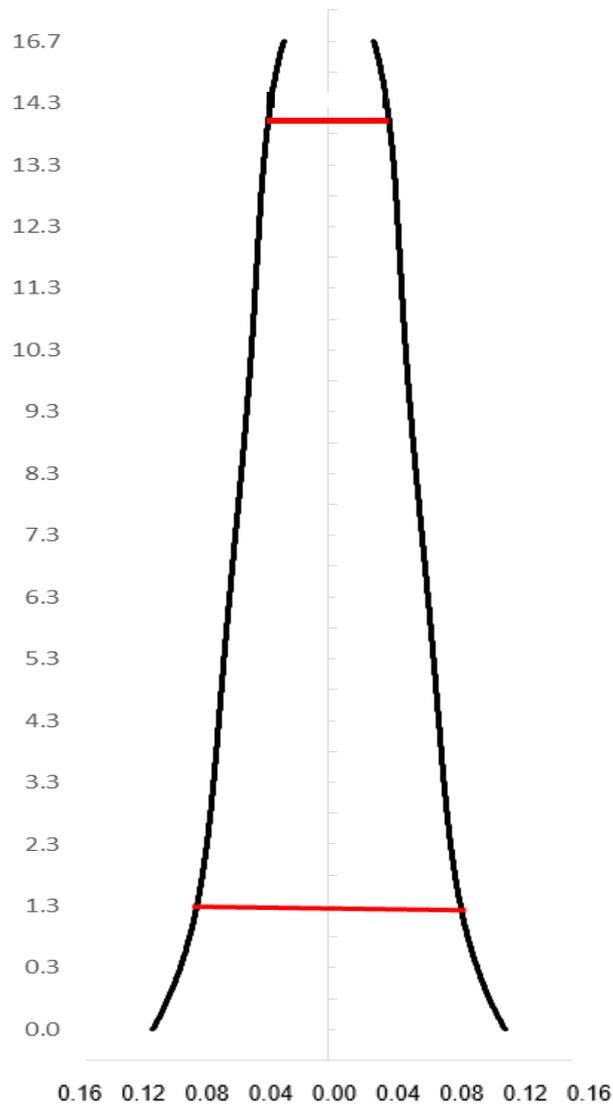


Figura 8. Comportamiento diametral del fuste en pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

El comportamiento diametral del fuste para la especie forestal establecida en plantación maciza, se registra que la base del pino chuncho (*Schizolobium parahyba*) presenta un comportamiento diametral significativo desde los 1.30 m. hasta los 13.80 m. de altura comercial en caso de la parte apical, se registra un sobrante de 2.9 m de fuste que se encuentra como parte de la copa y posiblemente en el futuro se aproveche como madera, debido que presenta ramificación pronunciadas (Figura 8).

V. DISCUSIÓN

5.1. Morfometría a través de los parámetros de copa y fuste en plantación maciza de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

La morfometría de un árbol a través de las variables de copa brinda una buena idea de las relaciones interdimensionales, el espacio vertical ocupado por cada árbol, el grado de competencia, la estabilidad, vitalidad y productividad de cada individuo en el rodal (DURLO y DENARDI, 1998), de las cuales en la investigación se dedujo lo siguiente:

La altura promedio de pino chuncho registrada fue de 19.47 m, y un coeficiente de variación de 14.19%, mientras que LOPEZ (2015) registró una altura en achotillo de 16.29 m, y para marupa de 12.05 m, a pesar de que hubo mayor variación de esta variable en la marupa (CV: 13.41%). Asimismo SIBILLE (2006) registró en marupa alturas de 17 m en árboles de 9 años, lo cual es un buen indicador de la capacidad de crecimiento. La variabilidad de los datos fue similar o denominado por CALZADA (1976) como buena homogeneidad de los resultados.

El diámetro a la altura del pecho en pino chuncho fue 25.39 cm, SIBILLE (2006) encontró que árboles con 16 cm de diámetro en nueve años desde el establecimiento en áreas de terrazas altas con suelos aluviales, de tipos francos arenosos y mayormente planos.

LOPEZ (2015) registró para achotillo un ancho de la copa de 7.12 m, siendo este muy similar al ancho de la copa para pino chuncho fue 7.04 m.

El porcentaje de copa en pino chuncho fue 41.12%, con la cual ARIAS (2005) señala que en promedio la marupa posee mayor vitalidad, pero es preciso recalcar que dicha copa en algunos árboles es representada por pocas ramas (ramificación pseudoverticilada), la cual en la fórmula aplicada infiere como una copa de gran tamaño.

El grado de cobertura de copa en pino chuncho fue 0.41, con este valor, VALDIVIA *et al.* (2014) refieren que más de 1/3 de la altura total de las dos especies forestales se encuentran cubiertas por la copa.

Índice de copa en pino chuncho fue 1.21, para ARIAS (2005), este parámetro representa un criterio útil en la evaluación de la calidad y productividad de un rodal, deduciendo que las copas del pino chuncho fueron más alargadas, la cual también sirve como indicador de la continuidad del crecimiento, según DURLO (2001) las plantas de marupa presentan mayor vitalidad a causa del manejo silvicultural asignado o a la fertilidad de suelo que es favorable para esta especie.

La forma de copa en pino chuncho fue de 0.93, LÓPEZ (2015) manifiesta que para el achotillo la forma de copa registró un valor de 0.83, mientras que en marupa fue 0.63, DURLO y DENARDI (1998) añaden que cuanto menor es la forma de copa, mayor es la productividad del árbol debido a que algunos valores son afectados por ramificaciones de gran tamaño.

El índice de espacio vital en pino chuncho 27.61. Para LÓPEZ (2015) manifiesta que el índice de espacio vital para el achotillo fue 25.08, mientras que en la marupa alcanzó 22.5 Asimismo VALDIVIA *et al.* (2014), estos valores ratifican en el pino chuncho, debido que el índice es afectado de manera directamente proporcional mientras se incrementa el valor del diámetro a la altura del pecho.

El manto de copa promedio en pino chuncho fue de 0.36 para LOPEZ (2015) manifiesta que los árboles de achotillo es 0.24, y marupa con 0.22, al respecto DURLO y DENARDI (1998) indican que el achotillo tiene mayor producción de la masa foliar, mientras que en la marupa se registró mayor espacio de luz debido a la poca competencia a pesar que están establecidos a 3 m x 3 m).

La esbeltez en promedio en pino chuncho es de 78.43, LOPEZ (2015) menciona la esbeltez de achotillo con 103.57, y marupa con 101.90, al respecto ARIAS (2004) recalca que el valor del achotillo indica que en promedio los árboles de achotillo son más cilíndricos y menos estables, mientras que la marupa son un poco más cónicos la cual les da mayor estabilidad a daños mecánicos como los vientos (DURLO y DENARDI, 1998). Lo cual ratifica los resultados obtenidos.

Por otro lado, ARIAS (2005) en su trabajo resalta la utilidad de los estudios morfométricos de los árboles maderables *Terminalia amazonia*, *Vochysia guatemalensis*, *Vochysia ferruginea*, *Gmelina arborea*, *Hieronyma alchorneoides* y *Pinus caribaea*. Ilustraron las relaciones entre la altura del

árbol y el diámetro del fuste (GUERRA *et al.*, 2002), la relación entre la altura de inicio de la copa y la altura total del árbol y la relación entre el diámetro de copa y el diámetro del fuste; resultados casi similares a lo registrado para la especie de pino chuncho.

VALDIVIA *et al.* (2014) en un estudio en una concesión castañera, por lo cual los individuos seleccionados como candidatos deben poseer valores de índice de espacio vital entre 15 – 25 y valores de grado de esbeltez superiores a 50 (>50), en la investigación el pino chuncho alcanzó 27.66 de índice de espacio vital y 79.04 referido al índice de esbeltez.

5.2. Distribución de árboles por categoría diamétrica de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

No todas las especies forestales responden de la misma forma frente a la disponibilidad de la luz que encuentran en una determinada localidad. Se dividen en dos grandes grupos en cuanto a su exigencia de luminosidad para su desarrollo. El grupo de las llamadas intolerantes o simplemente “de sol” o “de luz” exigen plena luz para que los árboles prosperen y se desarrollen adecuadamente. En cambio, los árboles tolerantes o de sombra, pueden crecer con menor cantidad de luz y cuando jóvenes bajo la sombra de otros. Resulta obvio que, entre los dos grupos típicos, existen diversas graduaciones y, además, con la edad se produce una acentuación de la intolerancia. CARRERA (1987).

Según BINKLEY *et al.* (2002) manifiesta que el pino chuncho son heliófilas efímeras, también llamadas “gremio de regeneración”; plantas

pioneras. Son especies grandes, de crecimiento rápido, ciclo de vida relativamente corto y se encuentran con mayor densidad en claros recientes o áreas a plena luz.

Algunos autores coinciden al afirmar que la mayoría de las especies arbóreas tropicales son en algún sentido dependientes de la apertura de claros, en la medida en que requieren para su crecimiento y reproducción de niveles lumínicos mayores, y muestran respuestas positivas en crecimiento a la apertura del dosel (DENSLOW 1987, CLARK y CLARK 1984).

Esto explica las tasas bajas de crecimiento encontradas en este trabajo, puesto que este ecosistema forestal no ha sido objeto de intervenciones recientemente existe una relación positiva entre el crecimiento y la precipitación, ya que una cantidad reducida de esta última limita al primero. El gradiente de precipitación y la estacionalidad de la lluvia influyen fuertemente sobre la fisiología de las plantas, causando la caída de las hojas y una reducción en el crecimiento (BRIENEN y ZUDEIMA 2005, ROIG, 2005).

No obstante, la variación topográfica en disponibilidad de agua en el suelo influye sobre las relaciones agua-planta y patrones de actividad cambial en bosques estacionales (BAKER *et al.* 2003)

5.3. Coeficiente de forma para pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake).

La forma del fuste de los árboles varía ampliamente. La tasa de disminución del diámetro fustal entre la base y el ápice del árbol, conocida

como ahusamiento, varía dependiendo de la especie, edad y tamaño de los árboles, y factores asociados al manejo del rodal y a las condiciones de sitio. El estudio de la forma fustal está destinado básicamente a aportar información para la estimación del volumen del árbol (CANCINO, 2000).

De acuerdo al autor ALDANA (1994), los factores de forma de fustes son más pequeños a medida que los diámetros aumentan, cuya parte de esta definición se puede confirmar en el presente estudio, como también influir mucho las alturas dando como resultados diferentes factores de forma.

VAN LAAR y AKCA (1997) menciona que el perfil del fuste de un árbol describe la reducción del diámetro fustal con o sin corteza, con el incremento de la altura por sobre la base del árbol. En el modelamiento del ahusamiento (Figura 8), las variables son escaladas dividiendo el diámetro fustal a "i" metros por el Dap (d), y la correspondiente altura por la altura comercial (HC).

Según GROSENBAUGH (1966) manifiesta que muchos han buscado descubrir una función única, simple con dos variables que, envolviendo unos pocos parámetros, pueda ser usada para representar el perfil completo del árbol. Desafortunadamente los árboles pueden asumir una infinidad de formas, de manera que los coeficientes variarán en diferentes grados de árbol a árbol, lo cual se puede observar en los resultados obtenidos en el trabajo de investigación.

La figura 8, sin embargo, presenta el perfil usual de árboles latifoliadas, debido principalmente a su estructura simpódica o delicuescente,

en la que el árbol, ya sea por condiciones de densidad, luz, estado de desarrollo y otros factores; genera bifurcaciones o trifurcaciones a una altura variable. De esta forma, se altera importantemente el ahusamiento del fuste, dificultando su modelamiento. Por consiguiente, VAN LAAR y AKCA, (1997) manifiesta que los árboles latifoliados necesitan de un grupo de funciones relacionadas entre sí o modelo fustal que, en conjunto, logren una mejor aproximación a su perfil estructural.

KOZAK *et al.*, (1969). Menciona que antes de la década del 60', los métodos gráficos utilizados por Smith y Walters entregaron mucha información de utilidad sobre los diámetros con y sin corteza, además del crecimiento en la madera, pero eran difíciles de interpretar y de generalizar a datos agrupados.

Al respecto mencionan que, para muchas especies el promedio de volumen de corteza se encuentra entre un 10 a un 20% del volumen con corteza. Por supuesto que es necesaria una estimación más precisa de lo que representa la corteza, sobre todo si esta presenta algún valor económico; o representa una sobreestimación del volumen del árbol. Sin embargo, € de estudios no ha sido desarrollado para especies nativas en el país.

VI. CONCLUSIONES

1. Los parámetros para árboles de *Schizolobium parahyba* con una edad de siete años desde el establecimiento, indica que la altura promedio total fue 19.47 m, la altura comercial 11.43 m, diámetro a la altura del pecho 25.39 cm, la Longitud de copa promedio 8.04 m, ancho de copa 7.04 m, porcentaje de copa 41.12%, grado de cobertura de copa 0.41, índice de copa 1.21, forma de copa 0.93, índice de espacio vital 27.61, manto de copa 0.36 y la esbeltez fue 78.43.
2. En la distribución de 73 árboles de *Schizolobium parahyba* se observó una variación diametral desde 15.28 cm hasta los 33.93 cm (Dap.) alcanzando un número de clases de 6, y un tamaño del intervalo de clase de 3.11cm. Siendo el mayor número de árboles encontrados entre los límites inferior y superior de las clases diamétricas de (24.61 – 27.71) con 19 árboles que representó el 26% seguido de las clases diamétricas de (21.50 – 24.61]. Con 16 árboles que representa el 22% del total.
3. El coeficiente de forma para *Schizolobium parahyba* obtenidos con 16 árboles fue de 0.69 con un volumen total de 6.345 m³, volumen aplicando la fórmula del cilindro con 9.195 m³, y el volumen total estimado mediante la fórmula de Smalian de 6.424 m³.

VII. RECOMENDACIONES

1. Considerar el espesor de la corteza para una estimación más exacta con respecto al coeficiente de forma y volumen total, sobre todo si esta presenta algún valor económico; o representa una sobreestimación del volumen del árbol.
2. Realizar comparaciones del volumen de madera alcanzada por árboles maderables bajo la aplicación de poda, debido que se observa variación del ahusamiento en función a ésta aplicación.
3. Determinar ecuaciones alométricas para *Schizolobium parahyba* referentes al volumen aprovechable para plantaciones forestales macizas que va servir como base de datos para la toma de decisiones del silvicultor.

VIII. ABSTRAC

The investigation was realized by the aim to determine the morfometría the distribution of threes for category diamétricas and coefficient of form of the profile model of the shaft for massive plantations of pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (vell) S.F Blake) the center of Investigation and Production Tulumayo anexo the Divisoria and port Súngaro (CIPTALD), in José Crespo and Castillo, Leoncio Prado Province and Región Huánuco. It has had to be felled 16 individuals of pino chuncho by an age of seven years of established for the model of the shaft it decided by means of the method of sections to every meter. Since result for the morfometría was that the pino chuncho present total height 19.47m, commercial heigth 11.43m, Dap 25.39cm, length of glass 8.04 m, width of glass 0.41, index of glass 1.21 mantle of glass forms of glass 0.93, index of living space 27.61, 0.35 and the slenderness 78.43, in the distribution of pino chuncho the diametrical variation was from 15,28cm up to 33.93 Dap cm, reaching a number of classes of 6 and the size of the interval of class was of 3.11cm and the major number of threes was between the classes diametrical of (24.61 – 27.71). Finally, for 16 dismantled threes one found a coefficient of form of 0.69 with a total volumen of 6.345 m³, volumen applying total value estimated of 6.424 to the formula of the cylii 9.195 m³ and one m³.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDANA, E. (1994). Manual de Dasometría. Centro Universitario de Pinar del Río. 183 P.
- ARIAS, D. 2004. Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. Kurú: Revista Forestal 1(2):1-11.
- ARIAS, D. 2005. Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica), 2(5):1-13.
- BAKER T.R., SWAINE M.D. y D.F.R.P. BURSLEM. 2003. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 6:21–36.
- BEDOYA, V. 2006. Plantaciones forestales ambientales: Reflexiones Paisajes. Revista de plantaciones forestales. Nº 13. Junio-Julio. [En línea]: plantaciones,<http://www.morfometria.gob.pemx/consulta/13/13Bedoy.htm>, 10 Ago. 2016).
- BINKLEY D., STAPE J.L., RYAN M.G., BARNARD H.R. y J. FOWNES. 2002. Age-related decline in forest ecosystem growth: An individual-tree, stand-structure hypothesis. Ecosystems 5: 58–67.

- BRIENEN R.J. W. y P. A. ZUIDEMA. 2005. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia* 146: 1–12.
- CARRERA G, F. (1987). Experiencias y resultados de las plantaciones forestales en la zona forestal A Von Humboldt. Pucallpa, Perú. 79 p.
- CAO. 1980 Plantaciones forestales de pequeña escala: el caso de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) en la Amazonía Peruana. CAO [En línea] (<http://www.icraf-peru.org/users/lewistel>, Doc. 11 Ago. 2015).
- CALZADA, J. 1976. Métodos estadísticos. 3 ed. 644 p.
- CANCINO, J. 2000. Dendrometría básica. 171 p.
- CLARK, D.A. y D.B. CLARK. 1984. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen -Connell model. *American Naturalist* 124: 769-788.
- CRONQUIST, A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. The New York Botanical Garden. New York, USA.
- CHICHIGNOUD, M., G. DEON, P. DETIENNE, B. PARAN & P. VANTOMME P. 1990. Atlas de las maderas tropicales de América latina. OIMT-CTFT. Abbreville, France. 14 pp.
- DENSLOW, J.S. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 431-451.

- DURLO, M.A. 1996. Zuwachs untersuchungen und Einzelbaum wachstumsmodelle für *Cabralea glaberrima*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmisch wälder Süd brasiliens. Ph.D. Tesis. Wien, AT., 175 p.
- DURLO, M.A. 2001. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. *Ciência Florestal*, 11(1):141-149.
- DURLO, M.A., DENARDI, L. 1998. Morfometria de *Cabralea canjerana*, en mata secundaria nativa do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, 8(1):55-66.
- DUKE, J.A. & R. VÁSQUEZ. 1994. *Amazonian Ethnobotanical Dictionary*. CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA.
- FAO. 1973 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1999. *Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas*. Roma, Italia. 30 p.
- FAO. 2013 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). *Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. 4 ed. Roma, Italia. 87 p.
- GROSENBAUGH, L. R. 1966. Tree form: Definition, interpolation, extrapolation. *The Forestry Chronicle*, 4:444-457.
- GUERRA, W., SOUDRE, M., CHOTA, M. 2002. Tabla de volumen comercial de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) de las plantaciones experimentales de Alexander Von Humboldt, Ucayali, Perú. 22 p.

- GUTIERREZ, F. 2008. Estudio económico y manejo del bijao (*Calathea lutea*) en la zona de Tingo María. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 15 p.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2007. Metodología de la investigación. 4 ed. México, MCGRAW HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V. 850 p.
- HOLDRIDGE, R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. 3 ed. San José, Costa Rica, Servicio editorial IICA. 216 p.
- INIA. 1996. Manual de identificación de especies forestales de la subregión andina. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA)-OIMT. Primera Edición. Lima, Perú. pp 365-366.
- JUSTINIANO M.J. & T.S. FREDERICKSEN. 1998. Ecología de especies Menos Conocidas, Curupaú (*Anadenanthera colubrina*) Serie de libros Ecología y Silvicultura del Proyecto BOLFOR.
- JUSTINIANO, M.J. & T.S. FREDERICKSEN. 2000. Ecología de Especies Menos Conocidas, Ochoó (*Hura crepitans*). Serie de libros "Ecología y Silvicultura" del Proyecto BOLFOR.
- KOZAK, A., MUNRO, D.D., SMITH, J.H.G. 1969. Taper functions and their application in forest inventory. *The Forestry Chronicle*, 45:278-283.
- KOZAK, A., MUNRO, D.D., SMITH, J.H.G. 1969. Taper functions and their application in forest inventory. *The Forestry Chronicle*, 45:278-283

- KRAMER, H., AKCA, A. 1987. Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. Frankfurt a. M., Germany. Sauerlander's Verlag. 251 p.
- LEWIS, G.P. 1987. Legumes of Bahia. Royal Botanic Garden, Kew. U. K.
- LOPEZ, I. 2015. Tesis para optar el título de ingeniero en recursos naturales renovables “morfometría y ecuación alométrica de un modelo de fuste para plantaciones macizas de marupa (*simarouba amara* aublet, pl.) y achotillo (*bixa platycarpa* ruiz & pav. ex g. don.) en codo de Pozuzo, Perú. pp.89.
- LORENZI, H. 1992. Arvores brasileiros. Editorial Plantarum Ltda. Sao Paulo, Brasil. pp. 163.
- LUDEÑA, P. & J. BUENO. 1989. Pulpa química al sulfato de tres especies forestales de la Selva Central. Revista Forestal del Perú 16 (2): 49-56.
- MARTÍNEZ-RAMOS, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. En: Gómez-Pompa, A. y S. del Almo (Eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas de Veracruz, México. Ed. Alhambra, Mexico. 191- 239 pp.
- MAINIERI, C. & J. PERES-CHIMELO. 1989. Fichas de características das maderas brasileiras. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Sao Paulo, Brasil. 129-130 pp.

- MURAY R. SPIEGEL. 1984 Teoría y Práctica de Estadística. Editorial
- MURILLO, O. 2000. Índices de calidad para la reforestación en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 24(2):41-47.
- PAF-BOL-FAO. 1998. Información técnica para el procesamiento industrial de 94 especies alternativas de Bolivia (Documento Inicial). MAGDR. La Paz Bolivia.
- PARIONA, W. 1989. Características dendrológicas de 16 especies nativas prioritarias en el ámbito del Proyecto Peruano – Alemán. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. UNCP. Perú. 150 pp.
- PEREZ, D.N., BURKHART, H.E., STIFF, C.T. 1990. A variable-form taper function for *Pinus oocarpa* Schiede in Central Honduras. *Forest Science*, 36 (1):186-191.
- PRODAN, M., PETERS, R., COX, F., REAL, P. 1997. Mensura forestal. Serie de Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica. 561 p.
- RODRÍGUEZ, M.M., BRICEÑO, M.A., ÁVILA, C.H., PACHECO, J.E. 1999. Ocupación por árboles de calidad: Un concepto para evaluar plantaciones. *Madera y Bosques*, 5(1):43-51.
- RIOIG, T. 2005. Prácticas de dendrología tropical. 2da. Edic. Cooperación Técnica Suiza/ Intercorporación. Lima, Perú. 190 p.

- SALDÍAS, M., J. JOHNSON, A. LAWRENCE, R. QUEVEDO y B. GARCÍA. 1994. Guía para el uso de árboles en sistemas agroforestales para Santa Cruz, Bolivia. Centro de Investigación Agrícola Tropical. Santa Cruz, Bolivia. 188 pp.
- SIBILLE, A. 2006. Guía de Procesamiento industrial. Marupa. Simarouba amara. Fabricación de muebles con maderas poco conocidas – LKS. WWF - USAID. Lima, Perú. 20 p.
- STAMPFER, E. 1995. Solitär dimension en österreichischer Baumarten. Diplomarbeit. Wien. DE, Universität für Bodenkultur. 102 p.
- STRUCK, G. 1999. Effekte von Pflanzverband, Kulturdüngung und Schlagräumung am Beispiel junger Traubeneichenbestände. Ph. D. Tesis. Göttingen, DE, Hainholz Forstwissenschaften, Band 8. 196 p.
- TAPIA, J., NÁVAR, J. 1997. Observaciones preliminares sobre la determinación del número de datos mínimos para la estimación de funciones de ahusamiento y volumen para *Pinus durangensis* y *Pinus teocote*. III Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resumen de ponencias. Hacia nuevos paradigmas. Linares, Nuevo León. 122 p.
- TOLEDO, E. & C. RINCÓN. 1996. Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú. OIMT-Cámara Nacional Forestal del Perú. Lima, Perú.
- VÁSQUEZ, R. 1997. Flórmula de las reservas biológicas de Iquitos, Perú. Missouri Botanical Garden. Saint Louis, Missouri. USA. 729 pp.

- VAN LAAR, A., AKCA, A. 1997. Forest Mensuration. Cuvillier Verlag. Göttingen, Alemania. 418 p.
- VALDIVIA, J.J., ARROYO, E.D., BUSTAMANTE, J.A., CALLO, J.C., CHÁVEZ, M.D. 2014. Morfometría de *Bertholletia excelsa* H.B.K., aplicaciones en la selección de árboles semilleros en una concesión castañera ubicada en el centro poblado Planchón - distrito Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios. EL CEPROSIMAD, 3(1):23-35.
- VIGNOTE, S., MOLINERO, I., GERARD, I., DÍEZ, M.R. 1996. Estudio de las tensiones de crecimiento del *Eucalyptus globulus* Labill. En Galicia y su relación con las características de la estación y morfológicas del propio árbol. Invest. Agr.: Sist. Rec. For. (ES), 5(1):153-176.

ANEXO

Anexo 1. Formato

Cuadro 1. Datos evaluados para determinar morfometría de pino chuncho.

Nº Árb.	Cód. Árb.	DAP (m)	AC(m)	AT(m)	d>copa (m)	a<copa (m)	Ancho de copa (m)	Largo copa (m)	Porcentaje de copa (%)	Grado de cobertura de copa	Índice de copa	Forma de copa	Índice espacio vital	Manto de copa	Esbeltez
1	1/1/1	0.296	8.70	15.40	10.00	7.80	8.90	6.70	43.51	0.44	0.75	1.33	30.06	0.58	52.02
2	2/2/1	0.169	9.50	16.10	6.30	6.00	6.15	6.60	40.99	0.41	1.07	0.93	36.45	0.38	95.43
3	3/3/1	0.210	11.00	16.00	10.00	7.00	8.50	5.00	31.25	0.31	0.59	1.70	40.46	0.53	76.16
4	4/4/1	0.264	7.40	16.20	7.40	5.30	6.35	8.80	54.32	0.54	1.39	0.72	24.04	0.39	61.32
5	5/1/2	0.306	15.30	22.95	6.70	4.10	5.40	7.65	33.33	0.33	1.42	0.71	17.67	0.24	75.10
6	6/2/2	0.280	7.30	15.40	4.20	3.70	3.95	8.10	52.60	0.53	2.05	0.49	14.10	0.26	54.98
7	7/3/2	0.318	9.90	21.90	6.19	5.00	5.60	12.00	54.79	0.55	2.14	0.47	17.58	0.26	68.80
8	8/4/2	0.216	15.75	22.05	6.24	5.20	5.72	6.30	28.57	0.29	1.10	0.91	26.43	0.26	101.87
9	9/5/2	0.261	10.20	22.20	7.30	5.20	6.25	12.00	54.05	0.54	1.92	0.52	23.95	0.28	85.05
10	10/6/2	0.261	12.60	20.55	14.00	8.80	11.40	7.95	38.69	0.39	0.70	1.43	43.68	0.55	78.73
11	11/7/2	0.267	11.70	20.70	10.00	5.60	7.80	9.00	43.48	0.43	1.15	0.87	29.17	0.38	77.42
12	12/8/2	0.312	11.10	22.05	4.00	3.80	3.90	10.95	49.66	0.50	2.81	0.36	12.50	0.18	70.69
13	13/9/2	0.153	7.60	16.20	9.10	3.40	6.25	8.60	53.09	0.53	1.38	0.73	40.91	0.39	106.03
14	14/10/2	0.245	11.85	20.55	9.50	8.30	8.90	8.70	42.34	0.42	0.98	1.02	36.31	0.43	83.84
15	15/11/2	0.201	7.80	16.20	14.00	9.00	11.50	8.40	51.85	0.52	0.73	1.37	57.35	0.71	80.78

16	16/12/2	0.242	13.80	17.55	14.00	6.90	10.45	3.75	21.37	0.21	0.36	2.79	43.20	0.60	72.55
17	17/1/3	0.312	8.25	19.50	11.00	7.00	9.00	11.25	57.69	0.58	1.25	0.80	28.85	0.46	62.51
18	18/2/3	0.249	9.30	16.50	8.50	4.30	6.40	7.20	43.64	0.44	1.13	0.89	25.71	0.39	66.29
19	19/3/3	0.325	11.40	21.15	6.60	2.50	4.55	9.75	46.10	0.46	2.14	0.47	14.01	0.22	65.14
20	20/4/3	0.306	15.00	19.50	10.70	9.10	9.90	4.50	23.08	0.23	0.45	2.20	32.40	0.51	63.81
21	21/5/3	0.245	11.85	16.95	3.80	3.20	3.50	5.10	30.09	0.30	1.46	0.69	14.28	0.21	69.16
22	22/6/3	0.315	11.85	21.60	10.00	6.50	8.25	9.75	45.14	0.45	1.18	0.85	26.18	0.38	68.54
23	23/7/3	0.300	10.50	18.00	5.08	3.70	4.39	7.50	41.67	0.42	1.71	0.59	14.63	0.24	59.97
24	24/8/3	0.312	12.30	19.20	8.80	5.40	7.10	6.90	35.94	0.36	0.97	1.03	22.76	0.37	61.55
25	25/9/3	0.156	9.20	14.20	5.80	5.50	5.65	5.00	35.21	0.35	0.88	1.13	36.22	0.40	91.04
26	26/10/3	0.232	14.10	20.10	10.10	5.20	7.65	6.00	29.85	0.30	0.78	1.28	32.92	0.38	86.50
27	27/1/4	0.153	11.10	14.55	9.00	7.00	8.00	3.45	23.71	0.24	0.43	2.32	52.36	0.55	95.23
28	28/2/4	0.312	11.40	21.90	5.00	4.20	4.60	10.50	47.95	0.48	2.28	0.44	14.75	0.21	70.21
29	29/3/4	0.204	11.10	14.85	7.30	6.20	6.75	3.75	25.25	0.25	0.56	1.80	33.03	0.45	72.67
30	30/4/4	0.299	12.60	20.55	11.30	8.00	9.65	7.95	38.69	0.39	0.82	1.21	32.25	0.47	68.68
31	31/5/4	0.328	12.45	19.35	11.50	5.00	8.25	6.90	35.66	0.36	0.84	1.20	25.16	0.43	59.02
32	32/6/4	0.239	14.85	20.10	10.20	5.60	7.90	5.25	26.12	0.26	0.66	1.50	33.09	0.39	84.19
33	33/7/4	0.239	12.60	18.75	6.70	6.30	6.50	6.15	32.80	0.33	0.95	1.06	27.23	0.35	78.54
34	34/8/4	0.169	7.95	13.95	6.70	5.60	6.15	6.00	43.01	0.43	0.98	1.03	36.39	0.44	82.53
35	35/9/4	0.191	11.10	14.85	4.60	3.70	4.15	3.75	25.25	0.25	0.90	1.11	21.73	0.28	77.75

36	36/10/4	0.201	11.25	16.50	6.40	6.20	6.30	5.25	31.82	0.32	0.83	1.20	31.42	0.38	82.28
37	37/11/4	0.169	7.65	17.30	9.70	6.70	8.20	9.65	55.78	0.56	1.18	0.85	48.61	0.47	102.55
38	38/1/5	0.207	8.06	18.20	8.50	7.70	8.10	10.14	55.71	0.56	1.25	0.80	39.15	0.45	87.96
39	39/2/5	0.286	10.35	18.45	3.40	3.10	3.25	8.10	43.90	0.44	2.49	0.40	11.37	0.18	64.55
40	40/3/5	0.247	13.05	18.75	8.70	4.20	6.45	5.70	30.40	0.30	0.88	1.13	26.11	0.34	75.91
41	41/4/5	0.232	12.75	20.85	5.60	5.40	5.50	8.10	38.85	0.39	1.47	0.68	23.67	0.26	89.73
42	42/5/5	0.262	13.50	21.30	9.00	4.50	6.75	7.80	36.62	0.37	1.16	0.87	25.80	0.32	81.41
43	43/6/5	0.159	6.60	16.08	9.80	6.20	8.00	9.48	58.96	0.59	1.19	0.84	50.27	0.50	101.03
44	44/1/6	0.253	9.45	20.25	10.20	8.30	9.25	10.80	53.33	0.53	1.17	0.86	36.51	0.46	79.92
45	45/2/6	0.242	10.05	20.85	7.30	4.40	5.85	10.80	51.80	0.52	1.85	0.54	24.18	0.28	86.19
46	46/3/6	0.271	12.90	21.00	12.20	9.30	10.75	8.10	38.57	0.39	0.75	1.33	39.73	0.51	77.62
47	47/4/6	0.267	12.90	21.60	10.80	5.00	7.90	8.70	40.28	0.40	1.10	0.91	29.55	0.37	80.78
48	48/5/6	0.339	14.40	25.92	7.90	5.50	6.70	11.52	44.44	0.44	1.72	0.58	19.75	0.26	76.39
49	49/6/6	0.261	12.40	23.20	8.50	6.60	7.55	10.80	46.55	0.47	1.43	0.70	28.93	0.33	88.88
50	50/7/6	0.309	16.80	23.70	5.60	5.80	5.70	6.90	29.11	0.29	1.21	0.83	18.42	0.24	76.60
51	51/8/6	0.314	13.50	19.50	8.60	2.80	5.70	6.00	30.77	0.31	1.05	0.95	18.12	0.29	62.01
52	52/9/6	0.239	16.50	23.70	10.70	8.80	9.75	7.20	30.38	0.30	0.74	1.35	40.84	0.41	99.27
53	53/10/6	0.250	12.90	20.70	9.30	2.93	6.12	7.80	37.68	0.38	1.28	0.78	24.50	0.30	82.95
54	54/11/6	0.316	10.20	23.10	7.80	7.00	7.40	12.90	55.84	0.56	1.74	0.57	23.39	0.32	73.01
55	55/12/6	0.255	9.60	19.80	9.10	8.89	9.00	10.20	51.52	0.52	1.13	0.88	35.32	0.45	77.75

56	56/13/6	0.290	13.80	20.70	10.70	9.00	9.85	6.90	33.33	0.33	0.70	1.43	33.93	0.48	71.31
57	57/14/6	0.233	12.60	21.00	10.80	5.00	7.90	8.40	40.00	0.40	1.06	0.94	33.91	0.38	90.13
58	58/15/6	0.260	14.76	25.92	9.80	6.30	8.05	11.16	43.06	0.43	1.39	0.72	30.92	0.31	99.55
59	59/16/6	0.332	12.60	20.40	7.70	3.90	5.80	7.80	38.24	0.38	1.34	0.74	17.49	0.28	61.51
60	60/17/6	0.256	9.00	15.30	5.80	4.60	5.20	6.30	41.18	0.41	1.21	0.83	20.32	0.34	59.78
61	61/18/6	0.316	11.60	21.80	4.50	3.70	4.10	10.20	46.79	0.47	2.49	0.40	12.98	0.19	69.04
62	62/19/6	0.256	14.70	20.40	5.30	5.10	5.20	5.70	27.94	0.28	1.10	0.91	20.32	0.25	79.71
63	63/1/7	0.229	8.55	16.35	14.00	8.30	11.15	7.80	47.71	0.48	0.70	1.43	48.65	0.68	71.34
64	64/2/7	0.236	9.45	20.70	12.00	9.80	10.90	11.25	54.35	0.54	1.03	0.97	46.27	0.53	87.88
65	65/3/7	0.293	10.80	21.45	3.60	3.00	3.30	10.65	49.65	0.50	3.23	0.31	11.27	0.15	73.25
66	66/4/7	0.242	14.40	19.50	10.10	9.00	9.55	5.10	26.15	0.26	0.53	1.87	39.48	0.49	80.61
67	67/5/7	0.220	11.70	15.45	11.00	9.90	10.45	3.75	24.27	0.24	0.36	2.79	47.58	0.68	70.34
68	68/6/7	0.204	13.50	19.20	6.00	3.50	4.75	5.70	29.69	0.30	1.20	0.83	23.32	0.25	94.25
69	69/7/7	0.277	11.70	21.45	7.30	5.00	6.15	9.75	45.45	0.45	1.59	0.63	22.21	0.29	77.46
70	70/8/7	0.229	11.25	21.60	3.20	2.90	3.05	10.35	47.92	0.48	3.39	0.29	13.31	0.14	94.25
71	71/1/8	0.271	9.75	20.70	13.20	5.60	9.40	10.95	52.90	0.53	1.16	0.86	34.74	0.45	76.51
72	72/2/8	0.267	11.70	22.35	6.70	4.00	5.35	10.65	47.65	0.48	1.99	0.50	20.01	0.24	83.59
73	73/3/8	0.159	7.20	18.00	4.10	3.90	4.00	10.80	60.00	0.60	2.70	0.37	25.13	0.22	113.10

Cuadro 7. Datos evaluados para determinar la distribución diametral y coeficiente de forma de pino chuncho.

Nº Árb.	Cód. Árb.	DAP (m)	d0	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	ΣVol. Cilindro	$\Sigma V = \pi/4(D1^2 + D2^2/2)$ (m ³)	AC(m)	$F = \Sigma Vf / \Sigma Vc$
1	10/6/2	0.261	26.39	26.10	25.91	25.56	25.17	24.06	22.72	21.60	20.40	19.51	18.43	17.64	16.74		0.674	0.486	12.60	0.72
2	16/12/2	0.242	24.48	24.19	24.00	23.65	23.26	22.15	21.11	19.99	18.79	17.90	16.82	16.03	15.20	14.31	0.634	0.432	13.80	0.68
3	27/1/4	0.153	15.57	15.28	15.09	14.74	14.35	13.24	12.00	10.88	9.68	8.79	7.71	6.92			0.204	0.133	11.10	0.66
4	33/7/4	0.239	24.26	23.87	23.62	23.32	22.94	21.82	20.71	19.49	18.29	17.46	16.44	15.66	14.78		0.564	0.399	12.60	0.71
5	35/9/4	0.191	19.59	19.10	18.89	18.55	18.23	16.41	15.20	14.08	12.88	12.05	10.57	9.58			0.318	0.217	11.10	0.68
6	36/10/4	0.201	20.28	20.05	19.76	19.38	19.05	17.94	16.92	15.58	13.96	13.13	11.57	10.78			0.355	0.248	11.25	0.70
7	40/3/5	0.247	24.99	24.70	24.51	24.16	23.84	22.73	22.35	21.23	20.72	19.89	18.81	18.02	17.19	16.30	0.625	0.477	13.05	0.76
8	42/5/5	0.262	26.42	26.17	25.97	25.66	25.24	24.13	23.09	21.27	19.65	18.82	17.04	16.26	15.73	14.84	0.726	0.492	13.50	0.68
9	46/3/6	0.271	27.38	27.06	26.91	26.62	26.40	25.24	24.00	22.68	21.43	20.50	19.02	18.43	18.09		0.742	0.534	12.90	0.72
10	47/4/6	0.267	27.01	26.74	26.52	26.07	25.75	24.44	23.37	22.25	21.01	20.18	19.14	18.65	17.82		0.724	0.517	12.90	0.71
11	49/6/6	0.261	26.25	26.10	25.83	25.37	24.85	23.74	22.69	21.07	19.52	18.71	17.43	16.76	16.14		0.663	0.468	12.40	0.71
12	53/10/6	0.250	25.25	24.96	24.77	24.42	24.10	22.99	21.95	20.83	19.63	18.80	17.72	16.93	16.10		0.631	0.449	12.90	0.71
13	56/13/6	0.290	29.28	29.03	28.73	28.35	27.96	26.75	25.61	24.49	23.28	22.05	20.87	19.89	19.09	18.30	0.913	0.639	13.80	0.70
14	57/14/6	0.233	23.49	23.30	23.00	22.75	22.43	20.82	19.79	18.07	16.35	15.62	14.54	13.88	13.39		0.537	0.358	12.60	0.67
15	67/5/7	0.220	22.19	21.96	21.64	21.09	20.68	19.27	18.23	16.91	15.65	15.02	13.24	12.36			0.443	0.300	11.70	0.68
16	68/6/7	0.204	20.64	20.37	20.06	19.41	19.09	17.87	16.85	15.51	14.31	13.78	12.50	11.51	10.62	9.73	0.440	0.273	13.50	0.62

Anexo 3. Panel fotográfico



Figura 9. Plantación de pino chuncho en el CIPTALD



Figura 10. Plateo y marcado de árboles.



Figura 11. Corte en la base de los árboles de pino chuncho



Figura 12. Corte de diámetros a cada metro de los árboles.



Figura 13. D.a.p. a 1.30 m de la base del árbol para distribución diamétrica.



Figura 14. Medición a cada metro para coeficiente de forma.



Figura 15. Trozas de un metro para coeficiente de forma.



Figura 16. Altura comercial de los árboles caídos.



Figura 17. Medición de circunferencia para coeficiente de forma.



Figura 18. Apilado de trozas de pino chuncho.