UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

"FACTOR DE FORMA DE *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don* (ALMENDRO) EN BOSQUES DE TERRAZA DE LA AMAZONIA PERUANA"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

ADDERLY CIRILO FIGUEROA FLORES

PUCALLPA – PERÚ

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 370

En la sala de docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales – UNU, siendo las 12:00 horas del mediodía, viernes 11 de Mayo del 2018. Se reunieron los miembros del Jurado Evaluador conformado por los siguientes docentes:

1. Dr. Fernando Velasquez De la Cruz — Presidente
2. Dr. Jorge Mori Vasquez — Miembro
3. Dr. Marco Antonio Chota Isuiza — Miembro

Para evaluar la sustentación y defensa del Trabajo de Investigación (TESIS) denominado**:** "FACTOR DE FORMA DE ***Caryocar amygdaliforme*** RUIZ & PAV. Ex G. DON (ALMENDRO) EN BOSQUEZ DE TERRAZA DE LA AMAZONIA PERUANA", presentado por el Bachiller **ADDERLY CIRILO FIGUEROA FLORES.**

Terminada la sustentación de la tesis se procedió a la formulación de las preguntas por parte del Jurado, las cuales fueron absueltas por el sustentante. Por esta razón el Jurado ha decidido que la Tesis sea **APROBADA POR UNANIMIDAD** con el calificativo de **MUY BUENO**, declarando al sustentante apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**, siendo asesorado por el Dr. Aparicio Limache Alonzo y la co-asesora la Ing. Guiomar Seijas Dávila.

Siendo las 12:50 horas del mismo día, se dio por concluido el acto académico firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

.....	.....
Dr. FERNANDO VELASQUEZ DE LA CRUZ PRESIDENTE	Dr. JORGE MORI VASQUEZ MIEMBRO

ACTA DE APROBACIÓN

La presente Tesis fue aprobada por el jurado calificador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal. Integrado por los siguientes catedráticos:

Dr. Fernando Velásquez De la Cruz ……
Presidente

Dr. Jorge Mori Vásquez ……
Miembro

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza ……
Miembro

Dr. Aparicio Limache Alonzo ……
Asesor

Ing. Guiomar Seijas Dávila ……
Co-Asesor

Bach. Adderly Cirilo Figueroa Flores ……
Tesista

DEDICATORIA

A Dios, por concederme la vida y la salud, por ser fuente de amor y sabiduría, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante toda mi vida.

A Kryss Elilena Ruiz Rengifo y Krystel Nicole Figueroa Ruiz, quienes son el motivo más grande que tengo en mi vida.

A mis padres Augusto Figueroa Figueroa y Esther Flores Rivas, como una muestra de mi profundo amor, admiración, gratitud y respeto, por sus sabios consejos y el espíritu de lucha constante para seguir adelante y hacer de mi lo que soy.

A mis queridos hermanos y demás familiares, por el apoyo incondicional que me brindan.

A mis maestros por las enseñanzas y los sabios consejos impartidos a cada momento.

A mis amigos y compañeros de aula, por su amistad sincera y compartir gratos momentos durante nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Ucayali, mi alma mater de formación y a los docentes de la escuela profesional de ingeniería forestal por sus enseñanzas y esmero en la formación de profesionales de éxito.

Al Doctor Aparicio Limache Alonso, a la Ingeniera Guiomar Seijas Dávila, por cumplir el rol de Asesor y Co-Asesor respectivamente en el desarrollo del presente trabajo de investigación, al Clúster Forestal Ucayali por el financiamiento y apoyo con tecnología en la investigación del manejo sostenible de los bosques en la amazonia, al Ingeniero Jorge Mattos Olavarría por el asesoramiento en el uso de la tecnología Field Map. Al Sr. Luis Dantas Ramírez y al Sr. Cesar Llerena Paredes por su extraordinaria labor como matero.

A todas aquellas personas que apoyaron directa e indirectamente en la ejecución del proyecto.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA iv

AGRADECIMIENTO v

ÍNDICE DEL CONTENIDO vi

ÍNDICE DE TABLAS x

ÍNDICE DE FIGURAS xi

RESUMEN xii

ABSTRACT xiii

INTRODUCCIÓN xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 1

1.2 OBJETIVOS 2

1.2.1 Objetivo general 2

1.2.2 Objetivos específicos 2

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO 3

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 3

2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO 5

2.2.1 Forma del fuste 5

2.2.2 Factor de forma 7

2.2.3 Factor de forma como parámetro de la forma del árbol 9

2.2.4 Funciones de ahusamiento 10

2.2.5 Relaciones del Dap con las alturas 11

2.2.6 Estimaciones del volumen del árbol en pie 12
2.2.7 Métodos de medición del perfil del fuste 12
2.2.7.1 Método no destructivo 12
2.2.7.2 Método destructivo 13
2.2.8 Modelo para el perfil de fuste 13
2.2.9 Prueba estadística de ajuste del modelo 14
2.2.10 Prueba de normalidad de K-Cuadrado de D'Agostino 16
2.2.11 Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov 16
2.2.12 Prueba de Kruskal-Wallis 18
2.2.13 Descripción de la especie Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don 18
2.2.14 Definición de términos básicos 19

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA 21
3.1 LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO 21
3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 22
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA 23
3.3.1 Población 23
3.3.2 Muestra 23
3.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 24
3.4.1 Fase de campo 24
3.4.2 Fase de gabinete 24
3.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 24
3.5.1 Obtención de datos 24

3.5.1.1 Integración, verificación y calibración de los equipos de medición 25
3.5.1.2 Medición de diámetros y alturas de los árboles 26
3.5.1.3 Verificación y validación de los datos de campo 27
3.5.2 Colecta de muestras dendrológicas en campo 27
3.6 TRATAMIENTO DE DATOS 27
3.6.1 Cálculo del volumen del árbol 27
3.6.2 Cálculo del factor de forma 29
3.6.3 Técnicas de análisis 29
3.6.4 Cálculo del ahusamiento 30
CAPÍTULO IV
RESUTADOS Y DISCUSIÓN 32
4.1 FACTOR DE FORMA DE *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Almendro) 32
4.1.1 Factor de Forma a partir de los 20 cm de DAP 32
4.1.2 Factor de Forma a partir del diámetro mínimo de corta (DAP ≥ 41 cm. Árboles legalmente aprovechables) 33
4.2 FACTOR DE FORMA POR CLASE DIAMÉTRICA 34
4.2.1 Prueba de normalidad 35
4.2.2 Análisis de varianza del factor de forma entre clases diamétricas 36
4.2.3 Análisis de varianza de factor de forma transformado 36
4.2.4 Análisis de varianza no paramétrica 37
4.3 FACTOR DE FORMA POR ZONA DE ESTUDIO 37
4.4 PRUEBA DE UNA MEDIA DEL FACTOR DE FORMA DE ÁRBOLES COMERCIALES (DAP ≥ 41 cm) CON RESPECTO AL FF = 0.65 39

4.5 VALIDACIÓN DEL FACTOR DE FORMA POR COMPARACIÓN DE VOLUMENES 40
4.5.1 Con factor de forma de la especie (0.7504) versus factor de forma Impuesto por la Autoridad Forestal (0.65) 40
4.6 AHUSAMIENTO DEL FUSTE DE *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Almendro) 42
4.7 ALTURAS COMERCIALES POR CLASE DIAMÉTRICA..... 42
CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44
5.1 CONCLUSIONES 44
5.2 RECOMENDACIONES 45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46
ANEXO
Anexo 1. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 50
Anexo 2. FACTOR DE FORMA DE ÁRBOLES EVALUADOS 51
Anexo 3. FACTOR DE FORMA POR CLASE DIAMÉTRICA Y POR ZONAS DE ESTUDIO 56
Anexo 4. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE RECOPILACIÓN DE DATOS..... 57
Anexo 5. CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIE 58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de árboles por clases diamétricas 24

Tabla 2. Entidades y atributos del proyecto Field-Map.....27

Tabla 3. Estadísticos descriptivos del factor de forma de *Caryocar amygdaliforme* Ruiz & Pav. Ex G. Don, a partir de los 10 cm de D.A.P. y a partir del diámetro mínimo de corta (D.A.P. ≥ 41 cm) 32

Tabla 4. Estadísticos descriptivos del factor de forma de *Caryocar amygdaliforme* Ruiz & Pav. Ex G. Don por clase diamétricas.....34

Tabla 5. Análisis de varianza del factor de forma entre clases diamétricas 36

Tabla 6. Análisis de varianza del factor de forma transformado entre clases diamétricas 37

Tabla 7. Análisis de varianza del factor de forma entre zonas de estudio 39

Tabla 8. Comparación de volumen con factor de forma promedio de la especie (0.7504) versus volumen con factor de forma impuesto por la Autoridad Forestal (0.65).....41

Tabla 9. Ahusamiento por clase diamétricas de *Caryocar amygdaliforme* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Almendro).....42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Formas geométricas o tipos dendrométricos.....10

Figura N° 2. Mapa de ubicación del área de estudio.....22

Figura N° 3. Factor de forma de la especie por clases diamétricas.....35

Figura N° 4. Factor de forma por zona de estudio.....38

Figura N° 5. Comparación de factor de forma por clase diamétrica con factor de forma de la especie (0.7504) y factor de forma impuesto por la Autoridad Forestal (0.65).....40

Figura N° 6. Alturas comerciales promedio por clases diamétricas de la especie 43

RESUMEN

El factor de forma de las especies forestales es una de las variables más importantes en la planificación de las empresas forestales dedicadas al aprovechamiento de la madera, debido a que ayuda en la estimación del volumen de madera disponible de los árboles en pie para su comercialización, evitando que se subestime o se sobreestime los volúmenes aprovechables declarados en los planes operativos que a su vez son supervisados por la Autoridad Forestal y de Fauna Silvestre, evitando de esta manera problemas, incluso penales, ante la administración forestal.

El objetivo de la investigación fue determinar el factor de forma y el ahusamiento de la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don* (Almendro). Por lo que se tomó una muestra representativa de 201 árboles clasificandolos por categoría diamétrica, aplicando el método no destuctivo de la tecnología Field Map, tomando medidas tanto de diámetros y alturas de árboles en pie, con mayor precisión respecto a equipos tradicionales, asignándole a la investigación resultados más confiables.

Como resultado se determinó que el factor de forma obtenido para la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don*, fue de 0.7504, obteniendo una diferencia significativa con el factor de forma de 0.65 usado por la Autoridad Forestal. El factor de forma varía ligeramente en cada clase diamétrica evaluada y el ahusamiento del fuste fue disminuyendo en diámetro a diferentes alturas evaluadas a razón 2.13 cm/m.

Palabras claves: Método no destructivo, factor de forma, ahusamiento.

ABSTRACT

The form factor of forest species is one of the most important variables in the planning of forestry companies dedicated to the use of wood, because it helps in estimating the volume, of available wood, of standing trees, for its commercialization, avoiding the underestimation or overestimation of the usable volumes declared in the operational plans that in turn are supervised by the Forest and Wildlife Authority, thus avoiding problems, even criminal, before the forest administration.

The objective of the research was to determine the shape factor and the taper of the species Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don (Almendro). So we took a representative sample of 201 trees classifying them by diametric category, applying the non-distractive method of Field Map technology, taking measurements of both diameters and heights of standing trees, with greater precision compared to traditional equipment, assigning it to the Research result more reliable.

As a result, it was determined that the shape factor obtained for the species Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don, it was 0.7504, obtaining a significant difference with the 0.65 form factor used by the Forest Authority. The shape factor varies slightly in each diametric class evaluated and the taper of the shaft was decreasing in diameter at different heights evaluated at a ratio of 2.13 cm / m.

Keywords: Non-destructive method, form factor, taper.

INTRODUCCIÓN

El Perú ocupa el séptimo lugar como país con cobertura de bosques naturales y el segundo lugar en Sudamérica. Dentro del territorio cuenta con grandes extensiones de bosques para producción de madera (16.9 millones de ha), los cuales se encuentran, entre otros, en los llamados bosques de producción permanente y en los bosques de los territorios de las comunidades nativas (13.5 millones de ha) según (Lampadia, 2016).

El propósito del plan de manejo es el aprovechamiento de madera. El plan operativo debe reportar (con cierta precisión) la estimación del volumen de madera por especie con diámetros por encima del diámetro mínimo de corta (legalmente determinado)

Uno de los problemas fundamentales que se presenta al momento de calcular el volumen comercial de un árbol en pie, es no contar con un factor de forma específico para cada especie por lo que se ha fijado el valor de 0.65 por la autoridad forestal de país (RDE N° 046-2016-SERFOR-DE). El factor de forma se ha constituido en un parámetro importante a la hora de cuantificar la producción y rendimiento de una superficie, en cuanto a volumen de madera, para una o más especies y, por lo tanto, es útil para valorar económicamente un área boscosa o plantación.

El objetivo de la investigación fue determinar el factor de forma de la especie Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don (Almendro), aplicando el método no destructivo con equipos con tecnología Field Map.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La normativa legal en el Perú obliga a elaborar planes de manejo para el aprovechamiento de los recursos forestales. Dentro de estas destacan los planes operativos (PO), los mismos que son la herramienta para la planificación del aprovechamiento forestal en el corto plazo o año operativo.

El PO registra los volumenes de madera aprovechables por especie cuyo dap esta por encima del diámetro mínimo de corta (legalmente determinado), el mismo que se calcula aplicando la fórmula para hallar el volumen del cilindro, utilizando el factor de corrección conocido como factor de forma.

Existen estudios sobre factor de forma para ciertas especies forestales, pero en la mayoría, el SERFOR (Autoridad Forestal y de Fauna Silvestre), recomienda en la Resolución N° 046-2016-SERFOR-DE, que se utilice el factor de forma 0.65 para todas las especies en inventarios y censos forestales, subestimando la mayoría de las veces el volumen real y generando, en consecuencia, problemas (incluso penales) ante la administración forestal.

Debido a la importancia del factor de forma se puede afirmar que es necesario investigar para obtener los factores de forma de todas y cada una de las especies forestales maderables comerciales. La especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don* es una de las especies que carece de

este factor de forma, el mismo que se puede determinar empleando un método no destructivo con tecnologías que utilizan mediciones remotas tanto de alturas como de diámetros a diferentes alturas del fuste.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

- Determinar el factor de forma de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don* en bosques de terraza de la Amazonia peruana.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Calcular el factor de forma por clase diamétrica de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don* en bosques de terraza de la Amazonia peruana.

- Comparar el factor de forma encontrado con el factor de forma utilizado por la Autoridad Forestal (ff=0.65)

- Calcular el ahusamiento de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don* en bosques de terraza de la Amazonia peruana.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

(Estremadoyro, 2014), determinó el coeficiente mórfico de la quinilla colorada tomando una muestra representativa de 120 árboles a partir de los datos del censo comercial que se realizó para el POA (Plan Operativo Anual) del Consolidado Otorongo, ubicado en la Provincia del Tahuamanu de la Región Madre de Dios. se realizó medidas directas de las variables diámetro y altura comercial de cada individuo durante los trabajos de extracción, tala y apeo. Obteniéndose como resultado un coeficiente mórfico de la quinilla colorada de 0.82, con una reducción del fuste en un 18%.

A fin de obtener datos más reales (Sánchez Y. , 2012), elaboró tablas de volumen y determinó el factor de forma de las especies forestales: *Cedrelinga cateniformes* (Chuncho), *Cordia alliodora* (Laurel), *Otoba sp.* (Sangre de Gallina), *Ceiba samauma* (Ceibo) y *Nectandra sp.* (Canelo), en la Provincia de Orellana, tomando como muestra 50 árboles por especie en programas de aprovechamiento forestal, dando como resultado un factor de forma de 0.9 para la especie *Otoba sp.*, 0.8 para *Cedrelinga cateniformes*, 0.7 para *Ceiba samauma*, 0.7 para *Nectandra sp.* y 0.6 para *Cordia alliodora*.

Asimismo, en la concesión forestal de Maderacre SAC y en la Comunidad Nativa Bélgica, región Madre de Dios, (Maderacre y Maderyja, 2007),

determinarón el coeficiente mórfico y elaborarón una tabla volumétrica comercial para la especie Swietenia macrophylla y Amburana cearensis. Obteniendo como resultado que la especie Swietenia macrophylla tiene un coeficiente mórfico de 0,75 y un ahusamiento promedio de 2,27 cm/m. (UNALM-ITTO, 2009).

Por otro lado, (Ruiz, 2007), realizó un estudio en el que se determinó el factor de forma de especies comerciales, tomando como base el inventario realizado por López et al. (2006). con una muestra de 100 individuos arbóreos en el bosque de Terrazas Altas ubicada en el Codo del Pozuzo, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco. Teniendo como resultado que a excepción de la especie ¨Sachavaca¨, los factores de forma por especie son mayores al factor de forma dispuesto por el INRENA para especies comerciales.

según al analisis de factor de forma preliminar de seis familias de especies forestales tropicales realizado en la localidad de Nauta-Iquitos, (Ojeda, 2000), pudo concluir que existe diferencia del factor de forma entre las familias estudiadas. Obteniendo para la familia Lauraceae el factor de forma de 0.531, para la familia Myristicaceae de 0.603, para la familias Lecythidaceae de 0.614, para la familia Moraceae de 0.640, para la familia Sapotaceae de 0.675 y para la familia Leguminosae de 0.714.

Estudiando plantaciones y con ayuda de la tecnología Field Map se analizó el perfil de fuste de la Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Mart.). Dando como resultado el coeficiente mórfico de *Guazuma crinita* Mart*.,* de 0.5679, calculado

para el total de los individuos; para plantaciones de 6 años de edad es 0.5639; para 5 años es 0.5668 y para 4 años de edad es 0.5708 (Vargas, 2014)

Con el objetivo de determinar el factor de forma de *gmelina arborea roxb* (gmelina) (Mejía, 2013), realizó estudios en plantaciones de uno, dos y tres años de edad en la hacienda el Vergel Cantón Valencia provincia de los Ríos, obteniendo como resultado el factor de forma 0.44 para la plantación de un año, 0.45 de dos años, y 0.46 de tres años, que difiere lo establecido por el Ministerio de Agricultura de Ecuador (0.70). Los factores de forma encontrados difieren significativamente con relación a la edad del árbol

Por otro lado, (Arias, 2004), estudió las relaciones altura-diámetro para árboles de seis especies maderables utilizadas en plantaciones forestales en la zona sur de Costa Rica. Esta relación puede ser descrita mediante funciones no lineales; sin embargo se encontró que la curva altura-diámetro es afectada por la calidad de sitio y la densidad del rodal. Tomando aspectos estadísticos y prácticos se seleccionó un modelo que predice la altura de un árbol en función del diámetro a la altura del pecho. Este modelo es un componente importante para la estimación de la productividad del rodal y la caracterización del crecimiento.

2.2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.2.1. Forma del Fuste

(Prodan et al., 1997), menciona que muchos árboles especialmente coníferas, se caracterizan por un fuste central definido; este tipo de fuste se le llama excurrente. Las latifoliadas, en cambio, presentan sólo en su parte

inferior hasta el comienzo de la copa un fuste definido, pero esta característica se pierde debido a la gran ramificación. A esta forma se le denomina delisquescente. Todos los árboles tienen una forma fustal típica, que varía de especie en especie, pero también depende del sitio y de la densidad del rodal.

Por su parte (Imaña, 1998), sostiene que el crecimiento de los árboles y su fisonomía están en función directa de las exigencias naturales del medio ambiente y del efecto de la intervención de los sistemas de manejo y de ordenación. Las especies forestales demuestran poseer plasticidad de acomodación a esas exigencias lo que permitirá que una misma especie plantada y tratada en condiciones diferentes producira evidentemente diversas formas (apariencias) de crecimiento.

La forma del fuste de los árboles varía ampliamente, según (Cancino, 2008), que también atribuye que 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.

Son muchos los factores que según (Diéguez et al., 2003), influyen en el proceso de desarrollo del tronco de un árbol, tanto en altura como en diámetro. dice por ejemplo que dentro de una misma especie, el crecimiento que experimentan los árboles cuando se desarrollan en espesura, es muy distinto al que se produce cuando crecen aislados; del mismo modo, la calidad de estación o factores genéticos, entre otros afectan la forma del árbol.

El mismo autor refiere, que se han desarrollado diferentes metodologías que tratan de describir la forma del tronco de los árboles. De entre ellas, las más importantes son:

- El método de los tipos dendrométricos, que consiste en asimilar el tronco de un árbol a figuras geométricas sencillas cuya forma es conocida. A estas figuras se las denomina tipos dendrométricos.
- Los coeficientes mórficos comparan el volumen del tronco del árbol con el de un cilindro y analizan la pauta de decrecimiento del diámetro del árbol a medida que se asciende en altura.
- Las funciones del perfil, que son ecuaciones matemáticas que relacionan el diámetro del árbol con la altura y definen con gran exactitud su forma.

2.2.2. Factor de Forma (ff)

(Ugalde, 1981), menciona que la forma de un árbol sirve principalmente para los cálculos de su volumen geométrico. La forma se debe a la disminución del diámetro con el aumento de altura, y para valorar se busca la relación del volumen del árbol con el volumen de algún sólido geométrico, o la relación que existe entre dos diámetros del mismo fuste, por eso se distinguen:

$$\text{El Factor volumétrico de forma } = \frac{\text{Volumen del árbol}}{\text{Volumen del sólido geométrico}} = \text{f}$$

A este factor se lo conoce con distintos nombres: coeficiente mórfico (CM), factor de forma (FF), o factor mórfico etc. El f es una relación de volúmenes, requiere conocerse el volumen del fuste o de todo el árbol.

El factor de forma según (Cancino, 2008), se obtiene del cuociente entre el volumen real del árbol y el volumen de un cuerpo geométrico de referencia, cuyas dimensiones corresponden a las dimensiones generales del árbol (dap, altura). Al volumen del sólido de referencia también se le denomina volumen aparente.

$$\mathrm{F} = \frac{\mathrm{v1}}{\mathrm{v}}$$

En donde:

F = factor de forma

v1 = volumen real del fuste

v = volumen sólido de referencia (cilindro).

El factor de forma o coeficiente mórfico sirve como factor de reducción para el cálculo del volumen de un árbol. El volumen de un cilindro V_0 con diámetro d1.3 y altura h se reduce al volumen v del árbol con diámetro d1.3 y altura h, (Frias, 1994) citado por (Mejía, 2013)

$$\mathrm{v} = v_0 * \mathrm{f}_{1,3} = \frac{\pi}{4} d_{1,3} * \mathrm{h} * \mathrm{f}_{1,3}$$

De esto resulta el factor de forma

$$\mathrm{f}_{1,3} = \frac{\mathrm{v}}{\frac{\pi}{4} d_{1,3}^2 * \mathrm{h}} = \frac{v}{v_0}$$

Por su parte (Ojeda, 2000), sostiene que el cálculo del factor de forma es de real importancia para un adecuado procesamiento de datos de un inventario forestal, ya que en el terreno se toman medidas directas, como el

diámetro a la altura del pecho (d.a.p.), así como indirectas, tal es el caso de la altura del tronco.

Además, el factor individual de forma según (Sánchez Y. , 2012), varía con las dimensiones del fuste, con la especie y también difiere de árbol a árbol, para contrarrestar esta variabilidad hay que basarse en un número suficiente de árboles por especie de interés para poder calcular promedios del factor de forma estadísticamente confiables; una vez realizados los cálculos hay que analizar una posible agrupación de especies para reducir el número de factores a aplicarse en la práctica.

2.2.3. Factor de Forma como parámetro de la forma del árbol

(Mejía, 2013), señala que con el factor de forma del fuste se calcula el volumen del fuste desde la sección del tocón hasta la yema terminal. Este factor expresa la forma del fuste mediante un número. Para determinar el volumen de distintas partes del fuste se pueden encontrar cuerpos geométricos semejantes, cuyo volumen se puede calcular fácilmente. Los más importantes son el cilindro y el paraboloide para la parte media del fuste, el cono de lados rectos para la parte superior del fuste y el neiloide para la base del fuste.

Estas formas geométricas a las que pueden asimilarse las diferentes partes de un árbol se muestran en la figura N° 1.

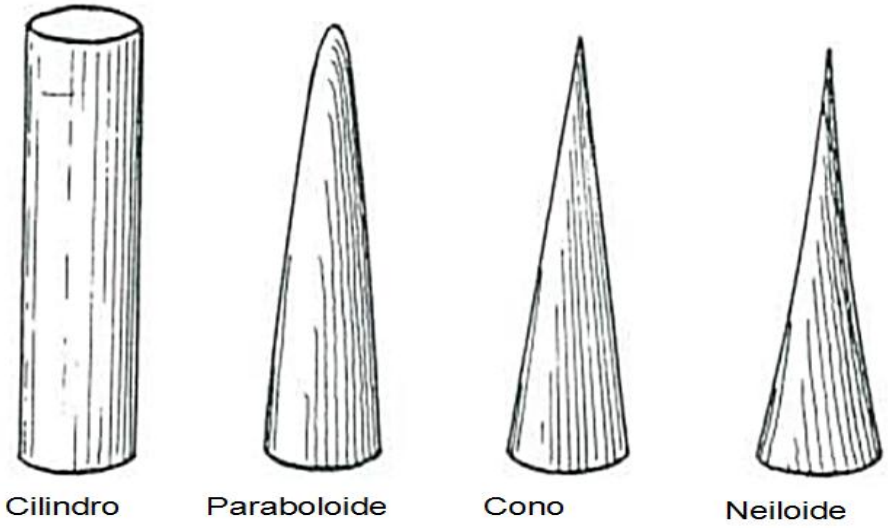


Figura N° 1: Formas geométricas o tipos dendrométricos

2.2.4. Funciones de Ahusamiento

El término ahusamiento se usa para describir la disminución en diámetro que experimenta el fuste de un árbol desde la base hasta el ápice. Es una expresión matemática que describe el perfil del fuste y permite realizar estimaciones de variable sencillas como el diámetro de fuste a cualquier altura del fuste, o la altura en el fuste en la que el diámetro adquiere un determinado diámetro, su mayor utilidad radica en que permite realizar estimaciones de volumen entre dos alturas cualquiera en el fuste del árbol. Así, se transforma en una herramienta esencial en modelos de simulaciones y optimización del trozado permitiendo la clasificación de productos en pie (Cancino, 2008).

Según (Guillén, 2014), las funciones o ecuaciones de ahusamiento son modelos matemáticos que explican el diámetro con o sin corteza a cualquier altura del fuste en función a esta altura, es decir modelan la forma fustal. Mediante la integración de la función de ahusamiento se realizan

estimaciones del volumen total y/o comercial del fuste, así como también se pueden realizar estas estimaciones para cualquier sección del fuste o troza individual.

2.2.5. Relación del Dap con las alturas

(Cancino, 2008), menciona que entre las diferentes variables medidas en un árbol, normalmente, existe algún tipo de relación, a las que se les denomina en general relaciones alométricas. Una de esas relaciones, bastante usada en el área forestal, es la relación entre la altura total del árbol y el dap. Así mismo menciona que la relación entre el diámetro y la altura de un árbol da como resultado una curva asíntota, que representa el perfil del árbol.

La estimación de la altura, para árboles adultos y doseles relativamente cerrados, puede representar algún grado dificultad y se encuentra sujeta a errores de medición. Para un rodal coetáneo, de una especie creciendo bajo condiciones de sitio similares, existe una relación no lineal entre la altura de los árboles y su correspondiente valor del diámetro a la altura del pecho. Estas relaciones son afectadas por la calidad de sitio y la densidad del rodal, así por ejemplo la curva de alturas de rodales jóvenes en sitios buenos en general tiene una pendiente más fuerte, con edades mayores y en sitios malos, la pendiente se aplana (Prodan et al., 1997).

Por su parte (Llerena, 1984), sostiene que, se ha encontrado una relación entre la Dap y la altura comercial en bosques tropicales del Perú cuya ecuación es de tipo parabólico y se ajustan de la siguiente fórmula:

$$Y = a + bx + cx^2$$

En donde:

Y = Altura comercial (longitud desde el punto de corte hasta el punto de copa)

x = Dap (diámetro a la altura del pecho)

a,b,c = constantes

2.2.6. Estimación del volumen del árbol en pie

(Diéguez et al., 2003), menciona que se pueden distinguir las siguientes metodologías para determinar el volumen del árbol en pie:

- Cubicación por tipos dendrométricos.
- Cubicación por coeficientes mórficos y altura reducida.
- Cubicación mediante el empleo de fórmulas de cubicación
- Cubicación mediante el relascopio de Bitterlich.
- Cubicación mediante fórmulas abreviadas.
- Cubicación mediante tarifas o tablas de cubicación.
- Cubicación mediante funciones de volumen porcentual y funciones de perfil.

2.2.7. Métodos de medición del perfil del fuste

(IFER, 2011), menciona que existe dos métodos de medición posibles:

2.2.7.1. Método no destructivo

El perfil de fuste se mide desde el suelo, utilizando el método de seis puntos propuesto por el IFER. Se miden los diámetros accesibles

manualmente, a la altura del tocón, a la altura del pecho y en la altura de 2 metros y por lo menos dos diámetros inaccesibles y sus alturas en el tallo se miden con un aparato de medición. Dependiendo de la posición de la base de la copa, los diámetros inaccesibles se miden en el centro de la distancia entre la base de la copa viva y el suelo, a 1/3 de la altura total del árbol, a la altura de la base de la copa viva o en 3/5 de la altura total del árbol.

Además, recomienda que para la toma de medidas para el modelo global de la curva del perfil del fuste se deben tener las siguientes instrucciones en la selección de árboles: árboles con crecimiento normal, sin defectos aparentes o daños, podredumbre, bifurcaciones, etc.

2.2.7.2. Método destructivo

El perfil del tallo se mide en los árboles talados de forma manual utilizando una forcípula o una cinta diamétrica. Los datos corresponden al perfil medido por tramos de diferentes longitudes que se insertan en Field-Map manualmente o se importan a él desde una base de datos externa.

2.2.8. Modelo para el perfil de fuste

El modelo exponencial fue propuesto por Riedmer et al. (1995), y es utilizado para el modelamiento del perfil del fuste de los árboles individuales, (COFORD E IFER, 2013).

$$d_h = 2\left(\frac{i}{1-e^{q(1.3-H)}} + \left(\frac{d_{1.3}}{2} - i\right)\left(1 - \frac{1}{1-e^{p(1.3-H)}}\right) + \frac{\left(\frac{d_{1.3}}{2} - i\right)e^{1.3p}}{1-e^{p(1.3-H)}}\, e^{-ph} - \frac{ie^{-qH}}{1-e^{q(1.3-H)}} e^{qh}\right)$$

Dónde:

d_h = diámetro del tallo a la altura h

H = Altura total de un árbol

D1.3 = diámetro a la altura del pecho

i, p, q = parámetros de modelos

Este modelo puede ser relativamente fácil de parametrizar y los parámetros del modelo tienen sentido lógico; parámetro “i” representa asíntota común de la parte menor y la parte superior del tallo, “p” es el parámetro que caracteriza la parte inferior del tallo, y “q” es el parámetro que caracteriza la parte superior del tallo. A diferencia de otros modelos este modelo es flexible y capaz de describir diferentes tipos de formas de árbol (Cerny, 1997, informe no publicado de los bosques estatales checas) citado por (COFORD E IFER, 2013)

El mismo autor indica que el volumen del fuste o parte del fuste se calcula usando una integral finita espacial de la curva del perfil del fuste. Se puede calcular el volumen de cualquier segmento de fuste con diámetro conocido y altura máxima.

2.2.9. Prueba estadística de ajuste del modelo

(COFORD E IFER, 2013), sostienen que los modelos de perfil fuste están diseñados para su uso práctico en el sector forestal y, por tanto, la prueba de ajuste estadístico deben cuantificar qué tan bien el modelo se aproxima los datos reales. Los datos primarios para los modelos de perfil de fuste están representados por los diámetros en alturas específicas a lo largo del eje vertical del fuste. Los datos secundarios están representados por el volumen

de fuste calculado utilizando integral finito espacial de curva de perfil del fuste.

Ajuste estadístico de los modelos se prueba utilizando estadísticas comunes:

- Los residuos significa la diferencia de los valores pronosticados y los valores observados, los valores de los diámetros observados son representados por los diámetros medidos en las secciones del fuste.
- Significa residuo absoluto entre los valores pronosticados y los observados.
- Desviación estándar describe la varianza residual no explicada por el modelo.
- Coeficiente de determinación R^2 cuantifica la parte de variación global, que se explica por el modelo de regresión lineal entre los valores observados y predichos, en origen y la pendiente muestran un posible sesgo sistemático de residuos.

Los autores (COFORD E IFER, 2013), mencionan que el rendimiento del modelo de perfil del fuste de Riemer et al. (1995), ha sido probado principalmente en los resultados de la parametrización de los fustes individuales. Estadísticas de 392.908 mediciones de diámetros de sección del tallo muestran que el ajuste del modelo es muy buena. El coeficiente de determinación alcanza en general 0.998, con diferencias insignificantes para las especies individuales de árboles. Capacidad predictiva de los modelos también puede ser evaluada por la distribución de los residuos. Altamente predominando parte de las mediciones (98,7 %) tiene residuos de predicción

sobre diámetros observados dentro del rango de ± 1.2 cm, 96.9 % dentro de ± 0.9 cm, y el 91,9% dentro de ± 0,6 cm.

2.2.10. Prueba de normalidad de K-cuadrado de D'Agostino

En estadística, la prueba K cuadrado de D'Agostino, llamada así por Ralph D'Agostino, es una medida de bondad de ajuste de la desviación de la normalidad, es decir, la prueba busca establecer si la muestra dada procede de una población distribuida normalmente. La prueba se basa en las transformaciones de la curtosis y la asimetría de la muestra, y solo tiene potencia frente a las alternativas en las que la distribución es asimétrica y/o curtosis. La prueba de normalidad de K-cuadrado de D'Agostino prueba si la distribución de valores de un campo se parece a la distribución normal; si el resultado de la prueba es estadísticamente significativo, la distribución normal no es una buena representación de la distribución del campo (Isaza, 2015)

El mismo autor señala que la hipótesis nula para la prueba de normalidad de K cuadrado de D'Agostino, es que los valores se distribuyen de forma regular. Rechazamos esta hipótesis nula si el valor de significación es menor que el nivel de significancia; al rechazar esta hipótesis nula, concluimos que los valores no se distribuyen de forma normal.

2.2.11. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov

(González, 2010), manifiesta que en estadística, la prueba de Kolmogórov-Smirnov (también prueba K-S) es una prueba no

paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí.

Según (Ayres et al., 1998) la prueba de Kolmogórov-Smirnov, es una prueba no paramétrica de adherencia destinada a comparar el grado de correspondencia entre la distribución acumulada de un conjunto de valores de una muestra con la distribución teórica acumulada esperada y que abarca dos opciones:

a. La prueba de adherencia, cuando los valores paramétricos de la media y de la desviación típica son conocidos.

b. El modelo modificado por Lilliefors, en el cual la media y la desviación típica se obtienen a partir de la propia muestra. Es conocido también como prueba de normalidad.

La prueba de Anderson-Darling proporciona igual sensibilidad con valores extremos. Cuando la prueba Kolmogorov-Smirnov se aplica para contrastar la hipótesis de normalidad de la población, el estadístico de prueba es la máxima diferencia:

$$D = máx\,|F_n(x) - F_0(x)|$$

Siendo Fn (x) la función de distribución muestral y Fo (x) la función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula (González, 2010).

Así mismo esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos

fueran normales. Si esta diferencia observada es adecuadamente grande, la prueba rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población. Si el valor p de esta prueba es menor que el nivel de significancia (α) elegido, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que se trata de una población no normal.

2.2.12. Prueba de Kruskal-Wallis

(Ayres et al., 1998), menciona que es una prueba no paramétrica conocida como prueba H, que sirve para comparar tres o más muestras independientes del mismo tamaño o distintas, cuyos numeradores deben ser medidos, como mínimo, en el ámbito ordinal. Esta prueba es comparable a la ANOVA (una vía)

2.2.13. Descripción de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don*.

Según la constancia de identificación emitida por IVITA, (Clavo, 2017), realizó la siguiente clasificación de la especie:

Clase : Equisetopsida

Orden : Malpighiales

Familia : Caryocaraceae

Género : Caryocar

Especie : Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don

Nombre común: Almendro

Además (Flores, 2014), menciona que el árbol tiene una altura de hasta 55 m. Base del tronco con aletas. Hojas opuestas, trifoliadas, con pecíolos largos y rojizos. Inflorescencias agrupadas en racimos. Flores hermafroditas

con el cáliz cupuliforme, estambres numerosos (hasta 200). Drupa carnosa grande (8 cm) y globosa, elipsoide, el exocarpo es glabro; el mesocarpo y el endocarpo envuelven a la semilla formando una cubierta leñosa muy dura con aspecto de cerebro humano. Semilla de forma elipsoide, se halla dentro del endocarpo leñoso o pireno. Cubierta seminal delgada y de color marrón oscuro, fácilmente desprendible, cotiledones carnosos, oleaginosos, comestibles y de color blanco. Ausencia de endospermo. Sus dimensiones varían de 40-50 mm de largo, de 15-20 mm de ancho y de15-20 mm de altura. Una semilla por fruto y entre 200-350semillas por kg.

El mismo autor sostiene que en el Bosque von Humboldt la floración (octubre a diciembre) ocurre anualmente, pero la fructificación (diciembre a abril) muestra una tendencia bianual. Antes de la floración puede haber una defoliación total o parcial de la copa. La caída de los frutos se inicia en plena época lluviosa (febrero) y se puede prolongar hasta principios de la época seca (mayo). Se distribuye principalmente por Perú. Crece en Huánuco, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali.

2.2.14. Definición de términos básicos

- **Altura comercial:** se define como la distancia vertical entre el nivel del tocón y la posición terminal de la última porción comercialmente aprovechable del árbol. (Reynaga, 2013)

- **Altura total:** es la distancia vertical entre el nivel del suelo y la yema terminal más alta del árbol. (Reynaga, 2013)

- **Diámetro a la altura del pecho (DAP):** diámetro normal (d) o diámetro a la altura del pecho (dap), es el diámetro que tiene el fuste del árbol a la altura de 1.30 m. sobre el nivel del suelo. (Reynaga, 2013)

- **Diámetro mínimo de corta (DMC):** diámetro mínimo, que indica la madurez productiva, técnicamente medido a una altura de un metro con treinta centímetros del suelo (1.30 metros) a partir del suelo, que deben tener los árboles de las especies maderables que se van a aprovechar. (Reynaga, 2013)

- **Field Map:** es un sistema para colección de datos de campo con énfasis primario en los bosques. Su uso comienza desde el nivel de la medición de un árbol singular, a través del nivel de parcela de inventario o investigación, hasta el nivel de paisaje. (IFER., 2009)

- **Field Map Project Manager:** Project manager es un software que permite al usuario definir de forma sencilla una estructura de base de datos basada en su propia metodología. (IFER., 2009)

- **Field Map Data Collector:** Data collector es un software que permite recolectar los datos en campo una vez definido la estructura del proyecto, realizado en Project manager. (IFER., 2009)

- **Funciones de perfil de fuste:** las funciones de perfil de fuste o ahusamiento, son funciones que permiten reconstruir la forma del árbol para estimar el diámetro y/o el volumen a una altura determinada. (Cancino, 2008)

- **Volumen:** el volumen total se define como la cantidad de madera estimada en metros cúbicos a partir del tocón hasta el ápice del árbol. El volumen comercial no incluye las ramas, partes afectadas del individuo y segmentos delgados del fuste. (Reynaga, 2013)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Los árboles evaluados de ***Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don*** (almendro), se localizaron en 4 zonas de estudio.

La primera zona se ubica en el distrito de Tahuania, Provincia de Atalaya, Región Ucayali; en el bosque de la concesión forestal, Forestal Anita E.I.R.L, con contrato N° 25-ATA/C-J-032-02, con un área total de 8570 Ha; dicha zona se encuentra en un bosque de terraza media. La segunda zona ubicado en el bosque de manejo forestal de la comunidad nativa Túpac Amaru con Permiso de Aprovechamiento Forestal N° 25-ATA/P-MAD-A-015-07, con un área total de 5257.46 Ha; situado en un bosque de terraza media. La tercera zona se ubica en un bosque de terraza alta, en la concesión forestal Rosa Elisa Rengifo De Souza con contrato N° 25-PUC/C-J-063-03, con un área total de 30125 Ha. Localizado en el distrito de Masisea, Provincia de Coronel Portillo, Región

Ucayali. Y la cuarta zona ubicado en el bosque de la concesion forestal La Merced S.R.L. con contrato N° 25-ATA/C-J-053-03, con un área total de 10756.32 Ha; situado en un bosque de terraza media. (Ver Mapa de ubicacion en figura 2).

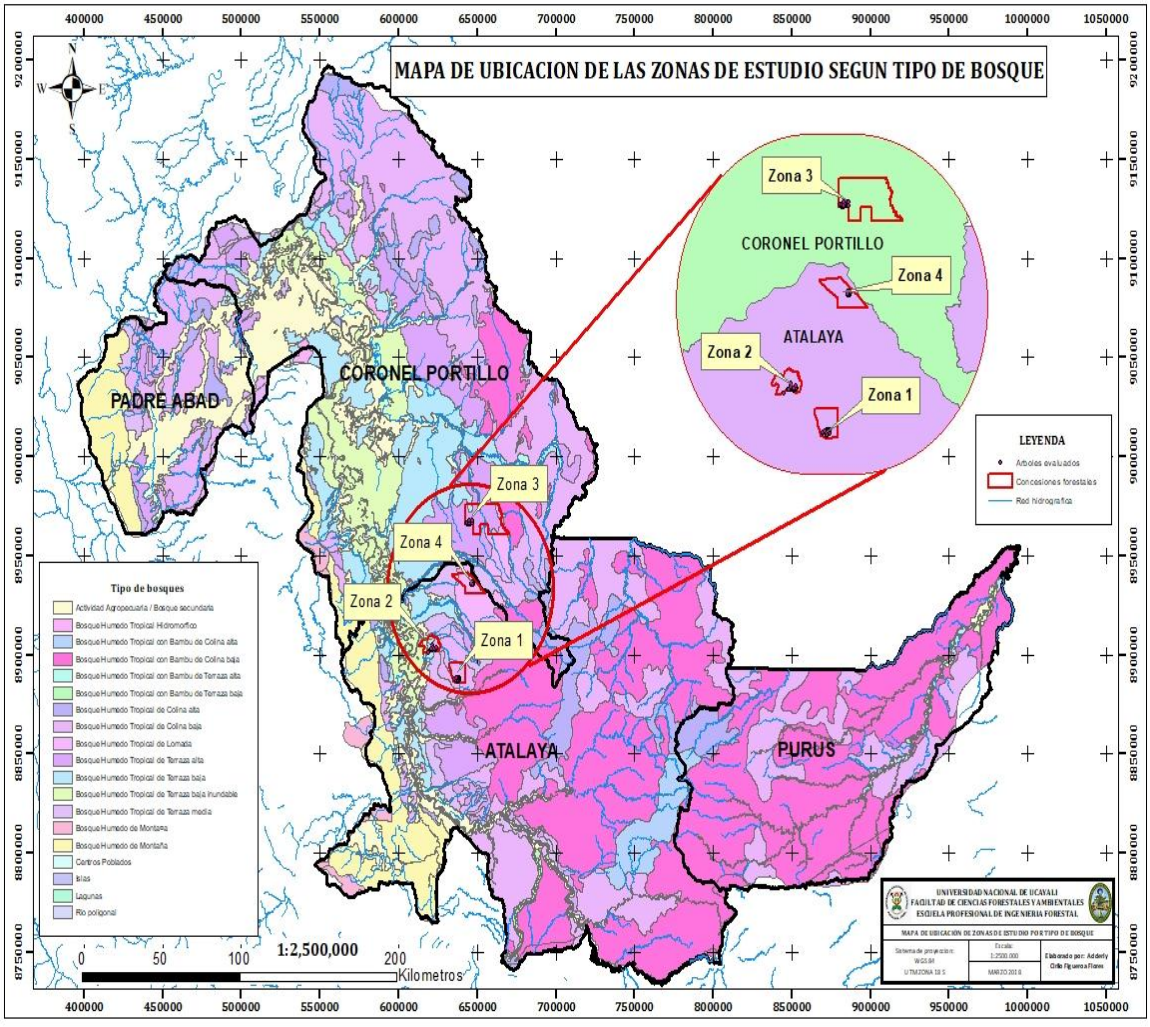


Figura N°2: Mapa de ubicación del área de estudio

3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de la investigación fue descriptivo, determinándose el factor de forma por tratamientos (clase diamétrica y zonas de estudio). La toma de muestras se realizó cada momento en que se ubicó la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (almendro) en campo, descartando los árboles con daños físicos y biológicos conforme a la recomendación propuesta por (IFER., 2009).

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

La población lo conformaron los árboles de la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (almendro), en los bosques de terraza media y alta clasificados según la "Guía de Inventario de la Flora y Vegetación" (RM N°059-2015-MINAM), existentes en la concesión Forestal Anita E.I.R.L. con contrato N° 25-ATA/C-J-032-02 (Zona 1), con un área total de 8570 Ha. Comunidad nativa Túpac Amaru con Permiso de Aprovechamiento Forestal N° 25-ATA/P-M2AD-A-015-07 (Zona 2), que posee un área total de 5257.46 Ha. Concesión forestal Rosa Elisa Rengifo De Souza con contrato N° 25-PUC/C-J-063-03 (Zona 3), con un área total de 30125 Ha., y en la concesión forestal La Merced S.R.L. con contrato N° 25-ATA/C-J-053-03 (zona 4) con un área total de 10756.32 Ha. Ubicados en el distrito de Tahuanía, provincia de Atalaya, y distrito de Masisea, provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali.

3.3.2 Muestra

Las muestras fueron seleccionadas por conveniencia, clasificadas por tratamientos que son las clases diamétricas y zonas de estudio, haciendo un total de 201 árboles de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (almendro), considerando el número de muestras por clase diamétrica recomendado por (IFER, 2011). Las muestras evaluadas se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de árboles por clase diamétrica

Clase diamétrica	N° árboles zona 1	N° árboles zona 2	N° árboles zona 3	N° árboles zona 4	Total N° árboles
20-29.9	1	5	3		**9**
30-39.9	2	5	6		**13**
40-49.9	7	5	7		**19**
50-59.9	5	7	8		**20**
60-69.9	12	4	5		**21**
70-79.9	7	7	9	3	**26**
80-89.9	15	7	6	3	**31**
90-99.9	9	8	11	7	**35**
100 a mas	6	7	5	9	**27**
TOTAL	**64**	**55**	**60**	**22**	**201**

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Fase de campo:

En la fase de campo se utilizó lo siguiente: GPS, libreta de campo, cinta diamétrica, wincha, pintura, machete, motor generador y la tecnología Field-Map (software data collector, computador de campo Getac T800, Trupulse 360 R con dendroscope, monopot, batería externa y jalones con reflector)

3.4.2. Fase de gabinete:

Durante la fase de gabinete se utilizó el sistema Field-Map (Project manager y data collector), laptop y el programa ArcGIS 10.1

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Obtención de datos

La toma de datos se realizó previa ubicación de los árboles de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (almendro) en la evaluación de censo forestal, cabe mencionar que las parcelas estaban separadas por fajas cada 100 m. Tomando como referencia dicha información se procedió a ubicar en campo y evaluar los árboles comerciales censados. Sólo se tuvo que buscar los árboles de las clases diamétricas menores a los de la clase comercial, es decir, menores al D.M.C. los árboles evaluados tenían fuste recto y no presentaban daños biológicos y/o mecánicos, caso contrario fueron descartados.

Los datos fueron colectados con equipos precisos de medición (trupulse 360 R), dendroscope para medición de diámetros remotos e hipsómetro laser para medición de alturas (altura total y comercial) integrados al software data collector de la tecnología Field Map, que muestran en tiempo real el perfil de fuste de cada árbol evaluado, cantidad de árboles por clase diamétricas y gráfica de la relación del D.A.P con la altura.

3.5.1.1 Integración, verificación y calibración de los equipos de medición

Ya establecidos en campo, se integró los componentes de la tecnología Field Map, no sin antes calibrar la brújula del trupulse 360 R, donde está incorporada dentro del Dendroscope, girándolo en sentido horario, posteriormente se verificó que cada uno de los elementos estén conectados correctamente para dar inicio a la evaluación.

3.5.1.2 Medición de diámetros y alturas de los árboles

Se midieron los árboles que estuvieron en las zonas de estudio, las cuales fueron colectados con el software Data Collector de la tecnología Field Map:

- **Diámetro a la altura del pecho (dap):** se medió el diámetro con cinta diamétrica a 1.30 m de altura con precisión milimétrica.
- **Altura total (HT):** medido con hipsómetro laser, la altura total del árbol estuvo comprendida desde el suelo hasta la superficie de la copa (parte apical).
- **Altura comercial (HC):** medido con hipsómetro laser, y comprendida desde 0.15 m del suelo hasta el inicio de la primera rama del árbol.
- **Diámetros a distintas alturas:** para la medición de los diámetros se realizó siguiendo la metodología propuesta por IFER, 2011. La cual menciona que la primera medición se realizará a 0.5 m ó 0.3 m

desde el suelo, la segunda a 2 metros desde el suelo; de aquí se medió diámetros remotos a 1/3, 3/5 de la altura total del árbol y en la altura comercial con un dendroscope. Esta metodología es aplicable para árboles de copas menores a 1/3 de la altura total.

Entidades	Atributos	Especificaciones
Árbol	Diámetros: Diámetro a la altura de 0.30 o 0.50 m Diámetro a la altura de 2.00 m	Datos colectados de forma manual con cinta diamétrica
	Altura total Altura comercial Diámetro a 1/3 de la altura total Diámetro a 3/5 de la altura total	Datos colectados con hipsómetro laser, dendroscope integrados al software data collector (Field Map)
	Especie	Características y observaciones

Tabla 2. Entidades y atributos del proyecto Field-Map.

3.5.1.3 Verificación y validación de los datos en campo

Esto se realizó usando la herramientas “check data” disponibles en el software data collector de la tecnología Field Map, que fueron definidos en

el Project Manager. Se tomó en cuenta características propias de los árboles al momento de diseñar el colector de datos.

3.5.2. Colecta de muestra dendrológica en campo

Se recolectó 4 muestras dendrologicas en campo de la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (almendro), que posteriormente fue identificado por (Clavo, 2017)

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS

3.6.1. Cálculo del volumen del árbol

La determinación del volumen del árbol se realizó con el software Stem Analyst (análisis de fuste) de Field Map, Este software utiliza la expresión matemática de función de perfil propuesta por Riemer *et al.* (1995), para determinar el volumen en función del perfil del fuste. Los cálculos de volumen se realizaron por cada individuo.

Los volúmenes totales se calcularon desde el suelo hasta el 100% de su altura total de cada árbol, los volúmenes comerciales se calcularán desde 0.15 m de altura sobre el suelo para árboles menores a 40 cm. De dap y desde 0.50 m de altura para árboles mayores a 40 cm de dap, hasta la altura de inicio de la primera rama del árbol.

$$d_h = 2\left(\frac{i}{1-e^{q(1.3-H)}} + \left(\frac{d_{1.3}}{2}-i\right)\left(1-\frac{1}{1-e^{p(1.3-H)}}\right) + \frac{\left(\frac{d_{1.3}}{2}-i\right)e^{1.3p}}{1-e^{p(1.3-H)}}\,e^{-ph} - \frac{ie^{-qH}}{1-e^{q(1.3-H)}}e^{qh}\right)$$

Donde:

d: Diámetro normal

h: Altura total

di: Diámetro que se alcanza a la altura hi

e: Base de logaritmos neperianos ≈ 2,71828

i, p, q : constante algebraica. También se utiliza como la pendiente de la recta de regresión.

i: asíntota común de la parte inferior y superior del tallo

q: parámetro que caracteriza la parte superior del tallo

p: parámetro que caracteriza la parte inferior del tallo

3.6.2. Cálculo del factor de forma

Para el cálculo del factor de forma se utilizó la fórmula citado por Cancino (Cancino, 2008), para el total de individuos, a partir del diámetro mínimo de corta (DMC), por clase diamétrica y por zonas de estudio.

$$F = \frac{v1}{v}$$

En donde:

F = factor de forma

v1 = volumen real del fuste

v = volumen sólido de referencia (cilindro).

El factor de forma se obtuvo del cuociente entre el volumen real del árbol y el volumen del cilindro, cuyas dimensiones corresponden a las dimensiones generales del árbol (dap, altura).

3.6.3. Técnicas de análisis

Para determinar el factor de forma de árboles de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don.* Se calculó los principales estadísticos descriptivos de tendencia central; es decir, la media, la mediana. También se calcularon los estadisticos descriptivos de variabilidad; es decir, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad; para lo cual se utilizó el programa de hoja de cálculo excel.

Para calcular el factor de forma, por clase diamétrica, de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don.* Se exploró si existen diferencias estadísticas entre los factores de forma de los árboles entre clase diamétricas y entre ubicación geográfica. Primero se analizó los datos para identificar si los datos cumplen con el supuesto de normalidad. Posteriormente la hipótesis de igualdad, de los factores de forma, entre clases diamétricas, se determinó mediante un análisis de varianza (ANVA) con un diseño completamente al azar (DCA).

Adicionalmente para dilucidar cualquier duda se realizó el análisis de varianza con los factores de forma transformados por la raiz cuadrada mas 0.5 y la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis; la cual es análoga a un ANVA con DCA.

En todos los casos se empleó un nivel de significancia de 0.05 (5%), es decir se empleó un nivel de confianza de 0.95 (95%).

Se realizó la prueba de una media para comparar el factor de forma obtenido en el presente estudio con el factor de forma 0.65 utilizado por la Autoridad Forestal, para comparar estadisticamente si es que existe o no una diferencia significativa.

3.6.4. Cálculo del ahusamiento

Para el cálculo del ahusamiento de los árboles de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don*. Se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$Ahus\ = \frac{DI_{(cm)} - DF_{(cm)}}{HC - HA} = Ahus\ (\frac{cm}{m})$$

Dónde:

Ahus = Ahusamiento

DI = Diámetro a inicio de la sección evaluada

DF = Diámetro final

HC = Altura comercial

HA = Primera altura evaluada (0.30 ó 0.50 cm)

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FACTOR DE FORMA DE *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* *(*Almendro)

4.1.1. Factor de forma a partir de los 20 cm de DAP.

Los estadísticos descriptivos, para un total de 201 árboles, señalaron que el factor de forma es 0.7516 (según la media aritmética) ó 0.7590 (según la

mediana). Los estadísticos de variabilidad (desviación estándar y coeficiente de variación) evidenciaron que los datos acusan de cierta variabilidad.

Tabla 3 Estadísticos descriptivos del factor de forma de Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don, a partir de los 20 cm de D.A.P. y a partir del diámetro mínimo de corta (D.A.P. ≥ 41 cm).

Estadísticos descriptivos del factor de forma	A partir de 20 cm D.A.P.	A partir del D.M.C. (D.A.P ≥ 41 cm).
Media aritmética	0.7516	0.7504
Mediana	0.7590	0.7535
Desviación estándar	0.0819	0.0848
Coeficiente de variación	10.90%	11.30%
Error estándar	0.0058	0.0064

D.M.C. Diámetro Mínimo de Corta

D.A.P. Diámetro a la Altura del Pecho

4.1.2. Factor de forma a partir del diámetro mínimo de corta (DAP ≥ 41 cm. Árboles legalmente aprovechables).

Los estadísticos descriptivos (Tabla 3), para un total de 178 árboles, señalaron que el factor de forma es 0.7504 (según la media aritmética) ó 0.7535 (según la mediana). Los estadísticos de variabilidad (desviación estándar y coeficiente de variación) reportaron una variabilidad ligeramente superior a la variabilidad de los árboles con D.A.P. igual o superior a los 20 cm de dap.

De acuerdo a los cálculos realizados, el factor de forma de la especie en estudio, los resultados confirman la observación de que el factor de forma de

las especies tropicales son diferentes y en su mayoría superan el valor 0.65, tal como menciona (Ruiz, 2007) en su estudio "Elaboración de una ecuación de volumen para un bosque de terrazas altas en el codo de Pozuzo, Puerto Inca-Huánuco". Esta variación puede ser por varios factores, entre ellos por el estado del bosque, la calidad de estación, características fenotípicas y genéticos, calidad de sitios entre otros.

El factor de forma determinado para la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. ex G. Don* es 0.7504, este factor difiere de los resultados obtenidos en relación a otras especies como por ejemplo, es inferior al determinado para la especie *Manilkara bidentata* de 0.82 en la región Madre de Dios (Estremadoyro, 2014) y 0.8 de la especie *Cedrelinga cateniformes* determinado en programas de aprovechamiento forestal en la Provincia de Orellana-Ecuador (Sánchez, 2012). Asimismo, tiene un factor de forma similar al determinado por (UNALM-ITTO, 2009), para la especie *Swietenia macrophylla* de 0.75 y superior al factor de forma de la especie *Ceiba samauma* y *Nectandra sp* de 0.7 (Sánchez, 2012), y a las familias de las especies forestales tropicales Lauraceae, Myristicaceae, Lecythidaceae, Moraceae, Sapotaceae y Leguminosae con factor mórfico de 0.531, 0.603, 0.614, 0.640, 0.675 y 0.714 respectivamente (Ojeda, 2000).

4.2. FACTOR DE FORMA POR CLASE DIAMÉTRICA

Tabla 4 Estadísticos descriptivos del factor de forma de Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don, por clase diamétrica.

Estadísticos descriptivos del factor mórfico	Clase diam 20-29.9 cm	Clase diam 30-39.9 cm	Clase diam 40-49.9 cm	Clase diam 50-59.9 cm	Clase diam 60-69.9 cm	Clase diam 70-79.9 cm	Clase diam 80-89.9 cm	Clase diam 90-99.9 cm	Clase diam 100 a más

N	9	13	19	20	21	26	31	35	27
Media aritmética	0.7724	0.7612	0.7733	0.7432	0.7496	0.7787	0.7318	0.7479	0.7343
Mediana	0.7880	0.7790	0.7710	0.7480	0.7560	0.7685	0.7430	0.7440	0.7310
Desviación estándar	0.0361	0.0626	0.0782	0.0931	0.0672	0.0839	0.0811	0.0924	0.0880
Coeficiente de variación	4.67%	8.23%	10.12%	12.52%	8.97%	10.77%	11.08%	12.36%	11.99%
Error estándar	0.0120	0.0174	0.0179	0.0208	0.0147	0.0164	0.0146	0.0156	0.0169

En el tabla 4 se observa los estadísticos descriptivos por clase diamétrica en la que se evidencia que la media aritmética del factor de forma oscila entre 0.7318 y 0.7787, los estadísticos de variabilidad (desviación estándar y coeficiente de variación) acusan de cierta variabilidad por clase diamétrica.

En la figura 3 se muestra que el factor de forma tiende a decrecer conforme el árbol aumenta de diámetro, esto debido al incremento del diámetro en la primera altura evaluada (0.30 m o 0.50 m) ya que los árboles mayores al DMC tienden a desarrollar el sistema radical generando aletas cortas de tal manera que puedan soportar el peso de la copa que es muy amplia.

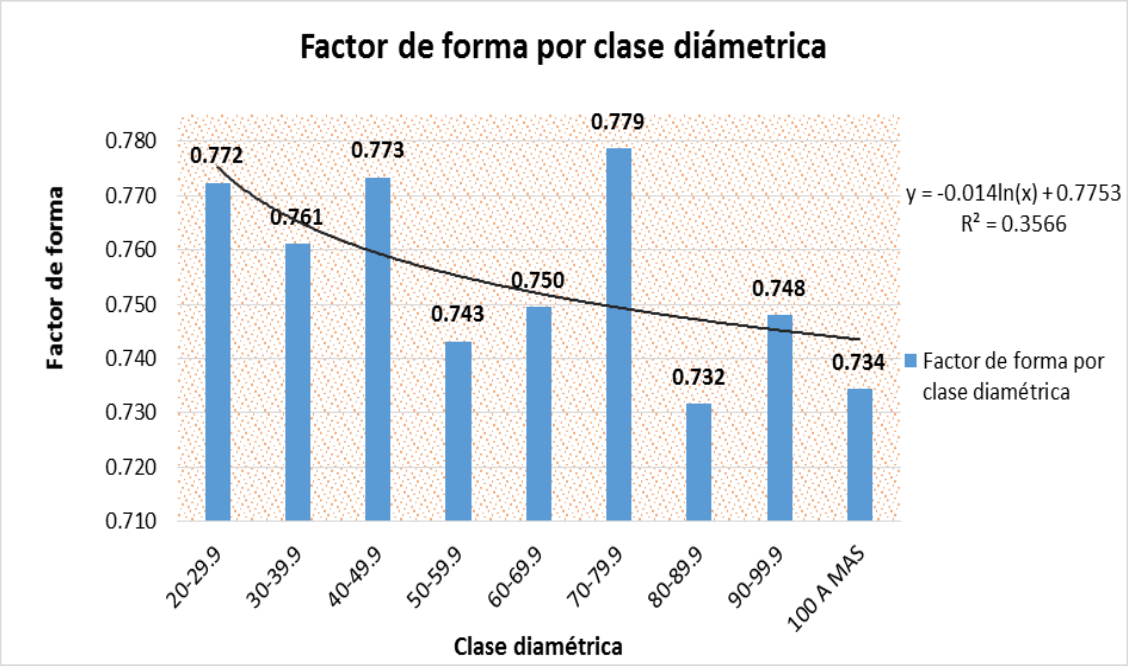


Figura N°3. Factor de forma de la especie por clase diamétricas

4.2.1. Prueba de normalidad

Para verificar si los factores de forma de la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Almendro) tanto para árboles de todas las clases diamétricas como para árboles a partir del diámetro mínimo de corta (D.A.P. ≥ 41 cm), cumplen con el supuesto de normalidad, se realizaron dos pruebas de normalidad, la de D´Agostino-Pearson (para todas las clase diamétricas con p-valor = 0.94982 y a partir del D.M.C con p-valor = 0.84608) y la de Kolmogorov-Smirnov (para ambos casos con un p-valor > 0.05). Ambas pruebas indicaron que las observaciones (datos) se aproximan a una distribucion normal.

4.2.2. Analisis de varianza del factor de forma entre clases diamétricas

El análisis de varianza (Tabla 5) de los factores de forma entre clases diametricas reportaron que el p-valor (p = 0.4151), fue mayor que el nivel de significancia (α = 0.05), e indica que no sé encontró evidencias estadísticas que permiten rechazar la hipótesis de que los factores de forma, por clase diámetrica, sean iguales. Por lo tanto, se puede afirmar que no existen diferencias entre los factores de forma entre las nueve (09) clases diamétricas. No obstante, es importante notar que la suma de cuadrados del error (1.288) fue veinte veces superior a la suma de cuadrados del tratamiento (0.055), de manera que no se puede omitir que hubo un alto error experimental.

Tabla 5 Análisis de varianza del factor de forma entre clases diamétricas

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Estadísticos de prueba	Nivel de significancia	
Tratamientos	8	0.055	0.007	F = 1.0301 *p* = 0.4151	0.05	No significativo
Error	192	1.288	0.007			
Total	200	1.343	0.014			

4.2.3. Analisis de varianza del factor de forma transformado

Por lo mencionado anteriormente se realizó la transformación de los factores mórfico debido a que la variabilidad se concentra en la suma de cuadrados del error y no en la suma de cuadrados del tratamientos, debido al error experimental, ya que cada árbol evaluado tiene su propia característica y existe muchas fuentes de variabilidad que afectan a cada árbol y de manera distinta por ejemplo: presencia de lianas, diferencias de microclima, calidad de sitio etc.

La transformación de los datos se realizó por la raíz cuadrada más 0.5, debido a que arrojó el menor cociente entre la varianza y la media (de acuerdo con la recomendación de Steel y Torrie 1988). El analisis de varianza con los datos transformados se obtuvo (nuevamente) que no existen diferencias (p = 0.4028), entre los factores de forma entre las nueve (09) clases diamétricas (Tabla 6).

Tabla 6 Análisis de varianza del factor de forma transformado entre clases diamétricas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Estadísticos de prueba		Nivel de significancia	
Tratamientos	8	0.011	0.001	F = 1.0466	*p* = 0.4028	0.05	No significativo
Error	192	0.257	0.001				
Total	200	0.268	0.002				

4.2.4. Analisis de varianza no paramétrica

Para dilucidar cualquier duda, con los datos sin transformar, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (prueba no paramétrica, análoga al análisis de varianza con diseño completamente al azar), la utilizacion de dicha prueba se justifica, ya que es una prueba de distribución libre, en que hubo error experimental, no hubo homogeneidad de varianza ya que la desviación estandar por clase diamétrica son diferente y diferentes numeros de unidades experimentales por tratamientos y se obtuvo que no existen diferencias (p = 0.3375) entre los factores de forma de las nueve (09) clases diamétricas.

4.3. FACTOR DE FORMA POR ZONAS DE ESTUDIO

El crecimiento que experimentan los árboles dentro de una misma especie cuando se desarrollan en espesura, es muy distinto al que se produce cuando

crecen aislados; del mismo modo, las condiciones ambientales como los nutrientes, la conducción del agua por el tronco, la mecánica que está sometido el fuste por el peso de la copa y por factores genéticos o hereditarios, entre otros afectan la forma del árbol (Cancino, 2008) y (Estremadoyro, 2014).

En la figura 4 se observa el factor de forma por clase diamétrica por zonas de estudio de la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Almendro). Cabe recalcar que en la cuarta zona de estudio sólo se evaluaron árboles a partir de 70 cm de Dap, y los datos fueron recabados durante la actividad de aprovechamiento forestal. El factor de forma determinado para las cuatro zonas de estudio oscila entre 0.741 y 0.782.

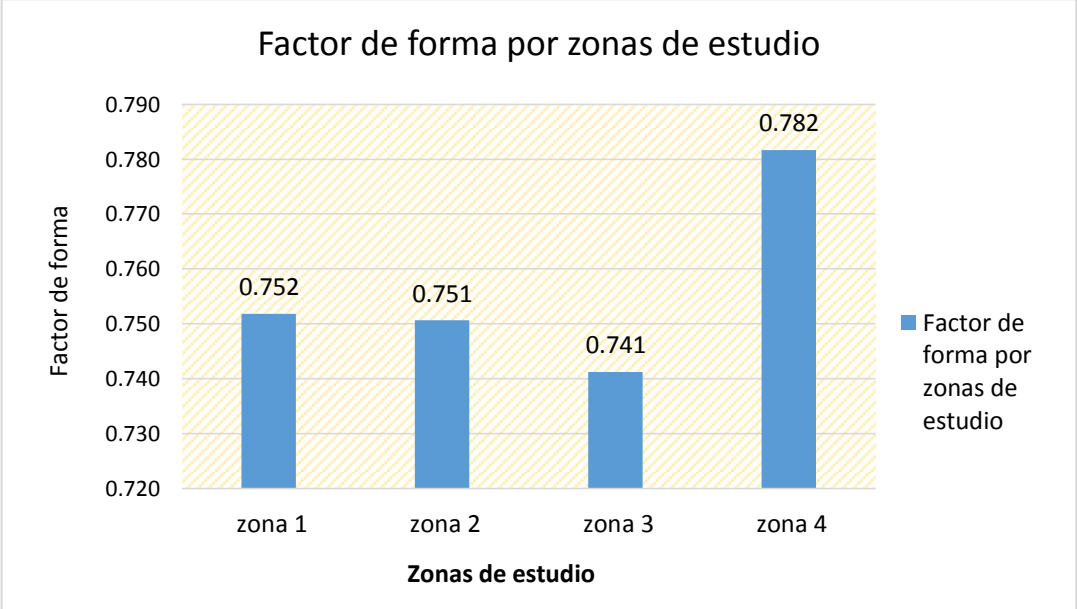


Figura N°4. Factor de forma por zonas de estudio

Determinado el factor mórfico de las zonas de estudio, se procedió a comparar dicho valor. El análisis de varianza (Tabla 7) reportó un p-valor (p = 0.1884), mayor que el nivel de significancia (α = 0.05), indicando que existen evidencias estadísticas que permiten aceptar la hipótesis de que las zonas de

estudio son iguales. Por lo tanto, se puede afirmar que no existen diferencias entre las zonas de estudio.

Tabla 7 Análisis de varianza del factor de forma entre zonas de estudio

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Estadísticos de prueba		Nivel de significancia	
Tratamientos	3	0.026	0.009	F=1.3192	*p*=0.2683	0.05	No significativo
Error	197	1.317	0.007				
Total	200	1.343	0.016				

4.4. PRUEBA DE UNA MEDIA DEL FACTOR DE FORMA DE ÁRBOLES COMERCIALES (DAP ≥ 41 cm) CON RESPECTO AL FF = 0.65

La prueba de una media, mostró que la media del factor mórfico es 0.7504 con un intervalo de confianza de 0.7379 a 0.7628 a un nivel de significancia de 0.05 y con un intervalo de confianza de 0.7340 a 0.7668 a un nivel de significancia de 0.01, asi mismo existe diferencia (p-valor = 0.0000) del factor de forma de los árboles legalmente aprovechables (D.A.P. ≥ 41 cm) de la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Almendro) con el factor de forma 0.65 utilizado por la Autoridad Forestal mediante Resolución N° 046-2016-SERFOR-DE.

En la figura 5 se muestra la comparación y la variación de los valores de factor mórfico encontrados por clase diamétricas, el factor mórfico promedio obtenido de la especie (0.7504) y el factor mórfico impuesto por la Autoridad Forestal (0.65). Evidenciando el resultado de la estadística de que existe diferencia entre el factor mórfico encontrado (siendo ésta superior) y el utilizado por la Autoridad Forestal.

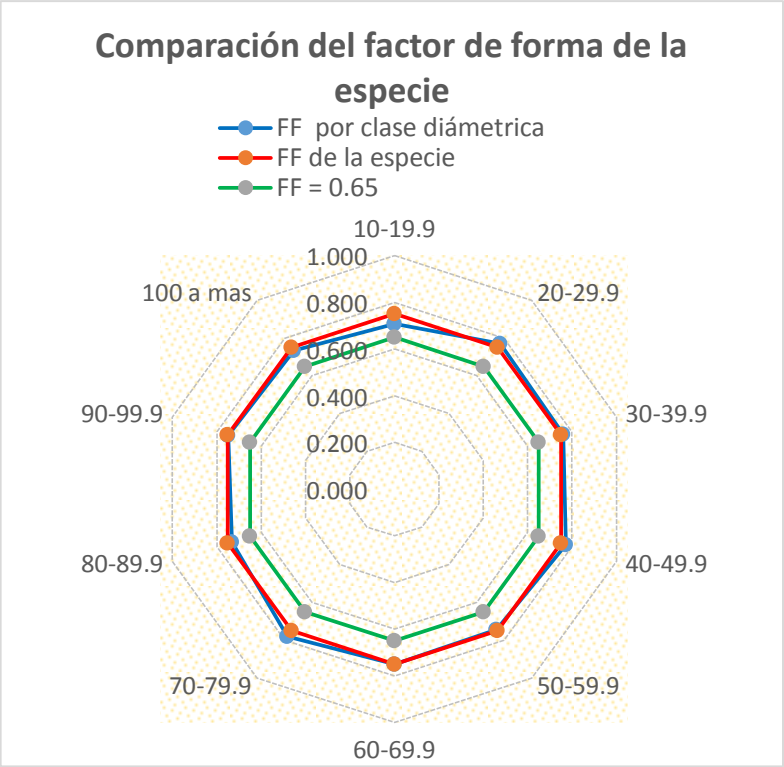


Figura N°5. Comparación del factor de forma por clase diamétrica con factor de forma de la especie (0.7504) y factor de forma impuesto por la Autoridad Forestal (0.65).

4.5. VALIDACIÓN DEL FACTOR DE FORMA POR COMPARACIÓN DE VOLUMENES

4.5.1. Con factor de forma de la especie (0.7504) versus factor de forma impuesto por la Autoridad Forestal (0.65)

Como parte de la validación del resultado obtenido, se comparó los volúmenes de la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Almendro) utilizando el factor mórfico 0.7504 y 0.65. El análisis de prueba de dos medias asociadas por par (Tabla 8), reportó que el t Observado. (t Obs = 3.880), fue mayor que el t Teórico (t Teor = 2.447), indicando que existen evidencias estadísticas que permiten rechazar la hipótesis de que los volúmenes son iguales. Por lo tanto, se puede afirmar que existen

diferencias entre los volúmenes calculados con factor mórfico de la especie (0.7504) y factor mórfico impuesto por la Autoridad Forestal (0.65). Comparando los resultados para las variables de alturas promedios y diámetros promedios por clase diamétrica, se obtuvo conforme se muestra en la tabla 8, el volumen total de 39.699 m3 y 34.388 m^3 respectivamente, evidenciando una diferencia de 5.311 m^3 por árbol, que representa un 15.44 % superior en volumen al que Autoridad Forestal permite como límite considerar en los Planes Operativos.

Tabla 8. Comparación de volumen con factor de forma promedio de la especie (0.7504) versus volumen con factor de forma impuesto por la Autoridad Forestal (0.65).

Clase diamétrica (cm)	Altura comercial promedio (m)	Diámetro Promedio (m)	Volumen (m^3) con ff promedio de la especie	Volumen (m^3) con ff Impuesto por la Autoridad	Diferencia	Porcentaje de la diferencia (%)
40-49.99	12.95	0.453	1.566	1.357	0.209	15.40
50-59.99	13.04	0.548	2.308	1.999	0.309	15.46
60-69.99	15.03	0.651	3.754	3.252	0.502	15.44
70-79.99	14.78	0.757	4.992	4.324	0.668	15.45
80-89.99	14.95	0.845	6.291	5.45	0.841	15.43
90-99.99	14.78	0.954	7.928	6.867	1.061	15.45
100-mas	15.94	1.170	12.860	11.139	1.721	15.45
Sumatoria			39.699	34.388	5.311	15.44
Promedio			5.671	4.913	0.759	
Sum-cuad					5.632	
SCd			1.603			
T obs			3.880			
t teorico 0.975			2.447	RH°		
6 gl						

4.6. AHUSAMIENTO DEL FUSTE DE *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don (*Almendro).

El ahusamiento promedio obtenido para fustes comerciales de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* es de 2.13 cm/m, que difiere del ahusamiento encontrado para la especie *Manilkara bidentata* (Quinilla colorada) que es de 0.9528 cm/m (Estremadoyro, 2014), y de la especie *Swietenia macrophylla* de 2.27 cm/m (UNALM-ITTO, 2009), la cual esta estrechamente relacionada a la forma del fuste.

El ahusamiento por clase diamétrica oscila entre 0.904 cm/m y 2.765 cm/m. Tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9 Ahusamiento promedio por clase diamétrica de Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don (Almendro)

Clase diamétrica	Ahusamiento (cm/m)
20-29.9	0.904
30-39.9	1.026
40-49.9	1.318
50-59.9	1.635
60-69.9	1.789
70-79.9	1.903
80-89.9	2.248
90-99.9	2.607
100 A MAS	2.765

4.7. ALTURAS COMERCIALES POR CLASE DIAMÉTRICA

En la figura 6 se observa que, con el aumento de diámetro, la especie tiende a un incremento de altura, siendo el promedio de alturas que va desde 9.19m

hasta 15.94m. Para esta relación (diámetro/altura), el valor R2 en el gráfico se aproxima a 1, valor que da mayor confianza de la data procesada y que indica que esta relación es altamente significativa, siendo este incremento acelerado de altura entre los 10 hasta los 59.9 cm de dap, por las particularidades propias de crecimiento de la especie y partir de 60 cm de dap a más, el incremento se desacelera debido a que el árbol de desarrolla y crece en diámetro (área basal) para poder soportar el peso de la copa amplia.

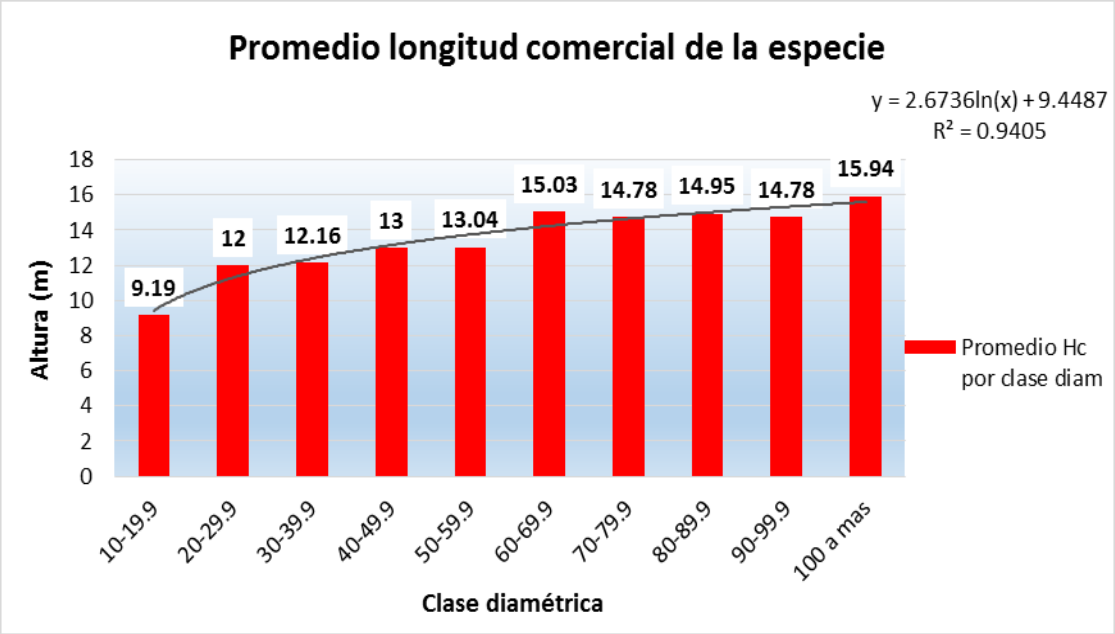


Figura N°6. Alturas comerciales por clase diamétricas de la especie.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El factor de forma obtenido para la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Almendro) en bosques de terraza de la amazonía peruana es de 0.7504.

2. El factor de forma por clase diamétrica de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Almendro) va desde 0.7318 a 0.7787

3. Estadísticamente existe diferencia en el volumen en pie obtenido utilizando el factor de forma 0.7504 encontrado para la especie *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Almendro) con el volumen obtenido utilizando el factor de forma 0.65 recomendado por la Autoridad Forestal, esta diferencia es 15.44%, valor que tiene una influencia significativa en las transacciones comerciales.

4. El ahusamiento promedio para fustes comerciales de *Caryocar amygdaliforme Ruiz & Pav. Ex G. Don* en bosques de terraza de la amazonía peruana es de 2.13 cm/m.

5.2 RECOMENDACIÓN

Se recomienda utilizar el factor de forma 0.7504 para la especie *Caryocar amygdaliforme* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Almendro), bosques de terraza de la Amazonía peruana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 (Costa Rica). 1(2): 1-11.

Ayres et al. (1998). BioEstat. Aplicaciones estadisticas para las ciencias biológicas y medicas. Belém-Pará-Brasil.

Cancino, J. (2008). Dendrometría Basica. Recuperado el 11 de Abril de 2015, de [En línea]: Sibudec, (http://www. sibudec.cl/ebook/UDEC_Dendrometria_Basica.pdf,

Clavo, M. (2017). Constancia de muestra Botánica. Pucallpa.

COFORD E IFER. (2013). Tree Model, Irish Stem Profile y Single Tree Volume Equations.

Diéguez et al. (2003). Dendrometría. Madrid. España: Mundi prensa.

Estremadoyro, J. (2014). Determinacion del factor de forma o coeficiente mórfico de manilkara bidentata (Quinilla colorada) en el consolidado Otorongo-Provincia de Tahuamanu. Puerto Maldonado-Madre de Dios.

González, J. (2010). Pruebas no paramétricas. Grupo de Innovación Educativa Universidad de Valencia.

Guillén, R. (2014). Estimaciones del volumen de la caoba (Swietenia Macrophylla King.) usando ecuanciones de ahusamiento para el Departamento de Madre de Dios. Lima - Perú.

IFER, Institute of Forest Ecosistem Research, Ltd. (. (2011). Stem Analyst, User Instructions Manual, version 0.35.

IFER, Institute of Forest Ecosystem Research, L. (. (2009). Herramienta diseñada para la colección de datos de campo. Republica Checa.

Imaña, J. (1998). Dasometría Práctica. Brasilia: Universidad de Brasilia.

Isaza, L. (2015). Comparación de pruebas de normalidad. XXV Simposio Internacional de Estadística.

Llerena, C. y. (1984). Relación dap-altura comercial en bosques tropicales del Perú. Revista Forestal del Perú, vol. 12(1-2):1-11.

Mejía, M. (2013). Determinación del factor de forma de Gmelina (Gmelina arbores Roxb), en plantaciones de uno, dos, y tres años de edad en la hacienda El Vergel Cantón Valencia. Provincia de los Ríos, Riobamba - Ecuador.

Ojeda, W. (2000). Factor de forma preliminar para seis familias de especies forestales tropicales. Revista forestal del Perú. v11:1-6.

Prodan et al. (1997). Mensura Forestal. San Jose, C.R: Deutsche Gesell schaft Fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) Gmbh: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Reynaga, M. (2013). Criterios en la medición del árbol en pie. Ministerio de Agricultura y Riego.

Ruiz, E. (2007). Elaboración de una ecuación de volumen para un bosque de terrazas altas en el codo del Pozuzo, Puerto Inca, Huánuco . Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Sánchez, Y. (2012). Elaboración de tablas de volumen y determinación de factores de forma de las especies forestales: Chuncho (Cedrelinga cateniformes), Laurel (Cordia alliodora), Sangre de gallina (Otoba sp.), Ceibo (Ceiba samauma) y Canelo (Nectandra sp.). Provincia de Orellana, Riobamba - Ecuador.

Toledo, P. (2011). Determinacion del factor de forma de Gmelina (Gmelina arborea Roxb) en la hacienda forestal Libertad AGR de la empresa agricola ganadera Reysahiwal AGR S.A.

Ugalde, L. (1981). Conceptos básics de dasometría. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Programa de Recursos Naturales Renovables.

UNALM-ITTO. (2009). Estudio de las poblaciones de Caoba en el Perú. Facultad de Ciencias Forestales. Universdad Nacional Agraria La Molina.

Vargas, R. (2014). Determinación con Tecnología fiel Map el perfil de fuste de Bolaina (Guazuma crinita Mart.) en plantaciones. Tingo María.

INFOGRAFÍA

Lampadia, (2016). El Perú enciende otro motor productivo, un sector forestal completamente renovado. Lima-Perú. Consultado en la página:

http://www.lampadia.com/analisis/recursos-naturales/un-sector-forestal-completamente-renovado/

ANEXOS

ANEXO 01

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS





Componentes de hardware típico del Field-Map: brújula electrónica (1), relascopio (2), láser rangefinder (distanciometro) e inclinómetro electrónico (3), computadora de campo (4), marco o armazón de la computadora (5) y trípode o monopod (6).

ANEXO 02

FACTOR DE FORMA DE ÁRBOLES EVALUADOS

zona	N° Árbol	Diámetro (m)	Clase diamétrica	Altura comercial	Vol. Cilindro	Vol. Smalian	ff
1	1	0.187	10-19.99	6.97	0.178	0.145	0.816
1	2	0.279	20-29.99	18.05	1.085	0.813	0.749
1	3	0.349	30-39.99	10.39	0.965	0.823	0.853
1	4	0.398	30-39.99	11.4	1.356	1.078	0.795
1	5	0.426	40-49.99	11.31	1.541	1.262	0.819
1	6	0.428	40-49.99	16.35	2.280	1.659	0.728
1	7	0.439	40-49.99	15.16	2.219	1.600	0.721
1	8	0.457	40-49.99	15.78	2.506	1.993	0.795
1	9	0.481	40-49.99	13.42	2.348	1.881	0.801
1	10	0.482	40-49.99	11.63	2.031	1.774	0.874
1	11	0.487	40-49.99	13.32	2.388	1.828	0.766
1	12	0.5	50-59.99	12.99	2.452	1.978	0.807
1	13	0.504	50-59.99	13.28	2.550	2.306	0.904
1	14	0.54	50-59.99	11.97	2.627	2.344	0.892
1	15	0.562	50-59.99	13.01	3.103	2.467	0.795
1	16	0.589	50-59.99	12.3	3.215	2.389	0.743
1	17	0.601	60-69.99	8.84	2.366	1.877	0.793
1	18	0.618	60-69.99	14.89	4.316	3.046	0.706
1	19	0.62	60-69.99	14.95	4.363	3.164	0.725
1	20	0.62	60-69.99	16.56	4.849	3.679	0.759
1	21	0.63	60-69.99	16.59	5.016	3.808	0.759
1	22	0.64	60-69.99	21.41	6.727	4.915	0.731
1	23	0.645	60-69.99	14.32	4.516	3.560	0.788
1	24	0.648	60-69.99	15.63	4.990	3.524	0.706
1	25	0.653	60-69.99	22.14	7.247	5.628	0.777
1	26	0.659	60-69.99	19.69	6.545	4.030	0.616
1	27	0.692	60-69.99	13.62	4.934	4.389	0.890
1	28	0.696	60-69.99	15.27	5.619	4.404	0.784
1	29	0.739	70-79.99	11.55	4.740	3.706	0.782
1	30	0.74	70-79.99	18.32	7.664	5.912	0.771
1	31	0.766	70-79.99	14.54	6.470	5.021	0.776
1	32	0.779	70-79.99	17.84	8.264	6.524	0.789
1	33	0.782	70-79.99	15.31	7.113	5.477	0.770

1	34	0.791	70-79.99	15.06	7.155	5.250	0.734
1	35	0.791	70-79.99	17.16	8.187	6.043	0.738
1	36	0.8	80-89.99	15.44	7.510	5.847	0.779
1	37	0.816	80-89.99	15.31	7.745	5.722	0.739
1	38	0.82	80-89.99	18.71	9.617	7.538	0.784
1	39	0.821	80-89.99	15.45	7.914	5.670	0.716
1	40	0.825	80-89.99	19.22	10.007	6.807	0.680
1	41	0.833	80-89.99	10.37	5.379	3.960	0.736
1	42	0.833	80-89.99	15.89	8.387	6.301	0.751
1	43	0.834	80-89.99	16.75	8.877	6.485	0.731
1	44	0.841	80-89.99	16.36	8.810	6.226	0.707
1	45	0.844	80-89.99	13.7	7.385	4.496	0.609
1	46	0.848	80-89.99	12.46	6.755	4.773	0.707
1	47	0.851	80-89.99	12.74	6.962	5.721	0.822
1	48	0.853	80-89.99	12.45	6.829	5.278	0.773
1	49	0.879	80-89.99	16.56	9.746	5.957	0.611
1	50	0.898	80-89.99	19.34	11.932	7.736	0.648
1	51	0.9	90-99.99	17.63	10.898	6.552	0.601
1	52	0.909	90-99.99	17.09	10.766	8.681	0.806
1	53	0.909	90-99.99	15.08	9.462	8.162	0.863
1	54	0.93	90-99.99	20.02	13.260	11.202	0.845
1	55	0.957	90-99.99	13.43	9.301	8.560	0.920
1	56	0.964	90-99.99	18.76	13.327	8.564	0.643
1	57	0.97	90-99.99	10.98	7.745	5.880	0.759
1	58	0.973	90-99.99	13.38	9.577	6.329	0.661
1	59	0.974	90-99.99	11.09	7.891	6.522	0.827
1	60	1.018	100-a mas	18.53	14.675	11.394	0.776
1	61	1.06	100-a mas	12.02	10.166	7.114	0.700
1	62	1.075	100-a mas	15.99	14.059	10.080	0.717
1	63	1.139	100-a mas	17.03	16.843	12.546	0.745
1	64	1.15	100-a mas	15.9	15.996	12.517	0.783
1	65	1.216	100-a mas	17.84	20.138	14.332	0.712
2	1	0.192	10-19.99	12.33	0.348	0.242	0.696
2	2	0.201	20-29.99	7.57	0.231	0.185	0.800
2	3	0.214	20-29.99	12.28	0.431	0.332	0.771
2	4	0.243	20-29.99	10.16	0.448	0.338	0.753
2	5	0.247	20-29.99	9.47	0.439	0.349	0.794
2	6	0.281	20-29.99	12.37	0.736	0.576	0.782
2	7	0.326	30-39.99	13.43	1.096	0.756	0.689
2	8	0.328	30-39.99	16.96	1.391	1.011	0.727
2	9	0.354	30-39.99	12.85	1.235	1.014	0.821
2	10	0.374	30-39.99	12.01	1.264	1.026	0.811
2	11	0.386	30-39.99	9.98	1.109	0.877	0.791
2	12	0.415	40-49.99	10.64	1.372	1.241	0.905
2	13	0.451	40-49.99	15.28	2.361	2.194	0.929

2	14	0.468	40-49.99	15.19	2.527	1.631	0.646
2	15	0.471	40-49.99	14.58	2.453	1.981	0.808
2	16	0.495	40-49.99	12.95	2.396	1.739	0.726
2	17	0.51	50-59.99	12.76	2.505	1.874	0.748
2	18	0.533	50-59.99	14.16	3.048	2.294	0.753
2	19	0.535	50-59.99	13.66	2.958	2.037	0.688
2	20	0.547	50-59.99	14.5	3.290	1.923	0.585
2	21	0.557	50-59.99	12.41	2.902	2.243	0.773
2	22	0.585	50-59.99	16.45	4.287	2.830	0.660
2	23	0.586	50-59.99	10.66	2.740	2.074	0.757
2	24	0.603	60-69.99	13.78	3.792	3.051	0.805
2	25	0.656	60-69.99	13.99	4.559	3.508	0.770
2	26	0.682	60-69.99	15.2	5.370	4.553	0.848
2	27	0.69	60-69.99	14.66	5.295	4.127	0.779
2	28	0.703	70-79.99	14.68	5.504	4.758	0.865
2	29	0.706	70-79.99	10.35	3.856	3.129	0.812
2	30	0.724	70-79.99	14.62	5.813	5.194	0.893
2	31	0.725	70-79.99	11.7	4.624	3.730	0.807
2	32	0.743	70-79.99	14.16	5.923	4.531	0.765
2	33	0.781	70-79.99	18.23	8.494	5.559	0.654
2	34	0.786	70-79.99	17.86	8.423	6.779	0.805
2	35	0.81	80-89.99	16.97	8.487	5.865	0.691
2	36	0.824	80-89.99	15.33	7.908	4.521	0.572
2	37	0.86	80-89.99	17.28	9.747	6.468	0.664
2	38	0.861	80-89.99	20.02	11.365	8.365	0.736
2	39	0.864	80-89.99	13.37	7.546	6.006	0.796
2	40	0.872	80-89.99	13.34	7.668	5.920	0.772
2	41	0.878	80-89.99	12.35	7.175	5.888	0.821
2	42	0.93	90-99.99	14.39	9.435	7.198	0.763
2	43	0.951	90-99.99	12.91	8.815	6.784	0.770
2	44	0.958	90-99.99	19.46	13.667	9.375	0.686
2	45	0.968	90-99.99	17.89	12.798	8.791	0.687
2	46	0.973	90-99.99	15.54	11.183	7.568	0.677
2	47	0.978	90-99.99	13.06	9.435	7.556	0.801
2	48	0.994	90-99.99	15.94	11.981	9.418	0.786
2	49	0.996	90-99.99	15.88	11.983	10.188	0.850
2	50	1.107	100-a mas	11.23	10.327	7.637	0.739
2	51	1.172	100-a mas	13.26	13.766	10.138	0.736
2	52	1.19	100-a mas	21.49	23.345	20.538	0.880
2	53	1.262	100-a mas	16.31	19.776	14.140	0.715
2	54	1.308	100-a mas	14.85	19.282	12.773	0.662
2	55	1.352	100-a mas	16.94	23.602	16.839	0.713
2	56	1.369	100-a mas	19.95	28.630	22.307	0.779
3	1	0.118	10-19.99	9.82	0.104	0.064	0.617
3	2	0.167	10-19.99	5.58	0.116	0.076	0.661

3	3	0.176	10-19.99	11.23	0.266	0.167	0.627
3	4	0.261	20-29.99	9.65	0.500	0.410	0.821
3	5	0.282	20-29.99	10.92	0.651	0.482	0.740
3	6	0.298	20-29.99	16.26	1.099	0.801	0.729
3	7	0.307	30-39.99	11.41	0.822	0.621	0.755
3	8	0.332	30-39.99	11.01	0.910	0.619	0.680
3	9	0.337	30-39.99	14.59	1.257	0.869	0.691
3	10	0.361	30-39.99	13.09	1.289	1.038	0.806
3	11	0.368	30-39.99	9.75	0.984	0.835	0.849
3	12	0.398	30-39.99	11.23	1.335	1.071	0.802
3	13	0.407	40-49.99	15.28	1.923	1.319	0.686
3	14	0.431	40-49.99	9.36	1.293	1.049	0.812
3	15	0.44	40-49.99	10.28	1.487	1.220	0.821
3	16	0.441	40-49.99	9.89	1.434	1.019	0.710
3	17	0.452	40-49.99	10.64	1.627	1.249	0.768
3	18	0.454	40-49.99	13.59	2.119	1.558	0.735
3	19	0.49	40-49.99	11.41	2.057	1.519	0.738
3	20	0.508	50-59.99	10.98	2.124	1.730	0.815
3	21	0.519	50-59.99	12.54	2.547	1.885	0.740
3	22	0.523	50-59.99	11.19	2.297	1.846	0.804
3	23	0.545	50-59.99	12.3	2.753	1.592	0.578
3	24	0.572	50-59.99	10.84	2.657	2.084	0.784
3	25	0.578	50-59.99	16.08	4.088	2.986	0.730
3	26	0.582	50-59.99	13.62	3.490	2.889	0.828
3	27	0.589	50-59.99	15.1	3.978	2.797	0.703
3	28	0.643	60-69.99	9.81	3.023	2.372	0.784
3	29	0.646	60-69.99	12.2	3.835	2.462	0.642
3	30	0.656	60-69.99	14.6	4.766	3.384	0.710
3	31	0.674	60-69.99	13.82	4.752	3.467	0.730
3	32	0.697	60-69.99	13.61	5.002	3.912	0.782
3	33	0.704	70-79.99	15.84	5.971	4.133	0.692
3	34	0.706	70-79.99	12.04	4.518	3.570	0.790
3	35	0.744	70-79.99	13.87	5.813	4.075	0.701
3	36	0.754	70-79.99	12.05	5.157	3.405	0.660
3	37	0.763	70-79.99	11.55	5.052	3.925	0.777
3	38	0.778	70-79.99	14.15	6.489	4.725	0.728
3	39	0.788	70-79.99	14.74	6.945	5.242	0.755
3	40	0.789	70-79.99	12.5	5.867	4.948	0.843
3	41	0.795	70-79.99	14.17	6.786	6.376	0.940
3	42	0.805	80-89.99	12.41	6.062	4.031	0.665
3	43	0.837	80-89.99	11.55	6.080	5.458	0.898
3	44	0.854	80-89.99	12.24	6.725	5.296	0.787
3	45	0.865	80-89.99	15.2	8.639	6.685	0.774
3	46	0.868	80-89.99	10.96	6.190	4.647	0.751
3	47	0.872	80-89.99	12.66	7.262	5.593	0.770

3	48	0.905	90-99.99	15.04	9.353	6.281	0.672
3	49	0.928	90-99.99	12.62	8.198	6.674	0.814
3	50	0.939	90-99.99	14.06	9.390	7.248	0.772
3	51	0.943	90-99.99	13.73	9.240	7.279	0.788
3	52	0.946	90-99.99	13.07	8.835	5.900	0.668
3	53	0.966	90-99.99	14.55	10.297	6.738	0.654
3	54	0.969	90-99.99	16.71	11.954	8.460	0.708
3	55	0.969	90-99.99	14.69	10.465	7.213	0.689
3	56	0.973	90-99.99	12.57	8.975	8.152	0.908
3	57	0.986	90-99.99	13.08	9.606	6.859	0.714
3	58	0.993	90-99.99	11.29	8.356	5.782	0.692
3	59	1.006	100-a mas	11.73	8.926	7.153	0.801
3	60	1.011	100-a mas	18.59	14.522	9.788	0.674
3	61	1.056	100-a mas	13.27	11.184	9.389	0.839
3	62	1.171	100-a mas	17.17	17.953	13.529	0.754
3	63	1.718	100-a mas	18.06	40.706	29.542	0.726
4	1	0.737	70-79.99	14.66	6.126	6.058	0.989
4	2	0.78	70-79.99	19.9	9.270	7.827	0.844
4	3	0.78	70-79.99	17.42	8.013	6.454	0.805
4	4	0.821	80-89.99	17.22	8.798	6.560	0.746
4	5	0.84	80-89.99	12.94	6.894	6.251	0.907
4	6	0.88	80-89.99	18.82	11.051	9.449	0.855
4	7	0.915	90-99.99	15.6	9.929	8.123	0.818
4	8	0.93	90-99.99	18	11.820	8.394	0.710
4	9	0.93	90-99.99	12.4	8.016	7.138	0.890
4	10	0.93	90-99.99	12.6	8.084	6.336	0.784
4	11	0.965	90-99.99	17.76	12.477	7.657	0.614
4	12	0.98	90-99.99	13.23	9.527	8.528	0.895
4	13	0.988	90-99.99	13.62	9.829	7.520	0.765
4	14	1.01	100-a mas	14	10.536	6.467	0.614
4	15	1.08	100-a mas	16.7	14.657	9.128	0.623
4	16	1.096	100-a mas	17.39	15.935	15.238	0.956
4	17	1.11	100-a mas	14	12.774	8.928	0.699
4	18	1.12	100-a mas	16.46	15.379	9.080	0.590
4	19	1.13	100-a mas	20.94	20.499	13.797	0.673
4	20	1.14	100-a mas	15.45	15.055	11.611	0.771
4	21	1.2	100-a mas	13.79	14.691	11.500	0.783
4	22	1.32	100-a mas	11.36	14.793	14.096	0.953

ANEXO 03

FACTOR DE FORMA POR CLASE DIAMÉTRICA Y POR ZONAS DE ESTUDIO.

Clase diam.	Total N° árboles	FF por clase diam.	ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4	
			N° árboles	FF	N° árboles	FF	N° árboles	FF	N° árboles	FF
20-29.9	9	0.772	1	0.755	5	0.790	3	0.749		
30-39.9	13	0.761	2	0.808	5	0.751	6	0.754		
40-49.9	19	0.773	7	0.785	5	0.800	7	0.743		
50-59.9	20	0.743	5	0.824	7	0.694	8	0.736		
60-69.9	21	0.750	12	0.749	4	0.797	5	0.713		
70-79.9	26	0.779	7	0.755	7	0.791	9	0.755	3	0.877
80-89.9	31	0.732	15	0.709	7	0.707	6	0.769	3	0.832
90-99.9	35	0.748	9	0.761	8	0.739	11	0.724	7	0.780
100 a mas	27	0.734	6	0.730	7	0.735	5	0.738	9	0.735
TOTAL	**201**	**0.7516**	**64**	**0.752**	**55**	**0.751**	**60**	**0.741**	**22**	**0.782**

FF: Factor de forma.

Zona 1: Concesión forestal “Forestal Anita E.I.R.L”.

Zona 2: CC.NN Túpac Amaru.

Zona 3: Concesión forestal “Rosa Elisa Rengifo De Souza”.

Zona 4: Concesión forestal “La Merced S.R.L”.

ANEXO 04

REGISTRÓ FOTOGRÁFICO DE RECOPILACIÓN DE DATOS



Calibración y posicionamiento del equipo



Ubicación de muestras evaluadas cuyo fuste presenta buena calidad y sanidad.



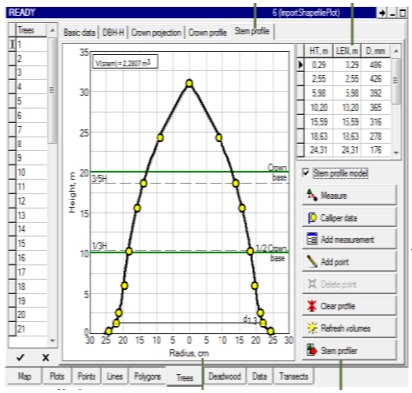
Posicionamiento de la muestra evaluada con respecto al equipo.



Toma de datos de la muestra evaluada, diámetros a 0.50 m, 1.30 (Dap) m y 2 m de altura.



Toma de datos de los diámetros remotos.



Representación gráfica del perfil de fuste.

ANEXO 05

CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIE

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA)
Estación Experimental Pucallpa

"Año del buen Servicio al Ciudadano"

CONSTANCIA

Por el presente dejo constancia que las muestras botánicas presentadas por el **Bachiller Eduardo Valderrama Acosta,** de la Facultad Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Ucayali, pertenecen a las especies: ***Ormosia* aff *excelsa* Benth*** y ***Caryocar amygdaliforme* Ruiz & Pav. ex G. Don**

Clase	: Equisetopsida
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Género	: *Ormosia*
Especie	: ***Ormosia* aff *excelsa* Benth**
N.V.	: huyaruro

Clase	: Equisetopsida
Orden	: Malpighiales
Familia	: Caryocaraceae
Género	: *Caryocar*
Especie	: ***Caryocar amygdaliforme* Ruiz & Pav. ex G. Don**
N.V.	: Almendro

Se expide la presente constancia para los fines convenientes del solicitante.

Pucallpa 10 de abril del 2017

INSTITUTO VETERINARIO · FMV. U.N.M.S.M. · IVITA - PUCALLPA · INVESTIGACIONES TROPICALES

Blga. Mirella Clavo Peralta
Responsable del Herbario Regional de Ucayali – IVITA Pucallpa
Registro CBP No. 1187

*Es necesario una mejor información y elementos reproductivos de la muestra

Jr. Daniel Alcides Carrión 319, Pucallpa., Teléfono (5161)57-1092 e-mail: ivitapucallpa@gmail.com
Av. Circunvalación cdra. 29, San Borja, Lima 41, Perú, Teléfono (511) 435-3059, Fax (511) 435-3064