

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL



INFLUENCIA DE LOS NIVELES DEL FUSTE EN LAS
PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE MARUPA
(*Simarouba amara* Aubl.) DE UNA PLANTACIÓN DE 11 AÑOS
DE EDAD EN PUCALLPA

Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO FORESTAL

KORI VANESSA FASANANDO GONZALES

Pucallpa – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 443 /2023-UNU-FCFyA-CGT

En la ciudad de Pucallpa a las 11:12 a.m. del día jueves 26 de enero de 2023, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N° 004-2023-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Desiderio Vásquez Placido	Presidente
Dra. María Angélica Flores Romayna.	Miembro
Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco.	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **“INFLUENCIA DE LOS NIVELES DEL FUSTE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE MARUPA (*Simarouba amara* Aubl.) DE UN PLANTACION DE 11 AÑOS DE EDAD EN PUCALLPA”**, presentado por la bachiller **KORI VANESSA FASANANDO GONZALES**, asesorado por el Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por la sustentante, en consecuencia la tesis fue aprobada **POR UNANIMIDAD**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 12:23 p.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Desiderio Vásquez Placido
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna
Miembro

Ing. M.Sc. Moisés Torres Velasco
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Desiderio Vásquez Placido



Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna



Miembro

Ing. M.Sc. Moisés Torres Velasco



Miembro

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas



Asesor

Bach. Kori Vanessa Fasanando Gonzales



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0699-2022

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final de Tesis, titulado:

“INFLUENCIA DE LOS NIVELES DEL FUSTE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE MARUPA (Simarouba Amara Aubl.) DE UNA PLANTACIÓN DE 11 AÑOS DE EDAD EN PUCALLPA”.

Autor(es) : FASANANDO GONZALES, KORI VANESSA

Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional : ING. FORESTAL.

Asesor (a) : Dr. SALVADOR CÁRDENAS, MANUEL IVÁN

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia.



FECHA 28/10/2022



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Kori Vanessa Fasanando Gonzales

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

Influencia de los niveles del fuste en las propiedades físicas de la madera de marupa (Simarouba amara Aubl) de una plantación de 11 años de edad en Pucallpa

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas

En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional de: Ingeniería Forestal

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 26 / 01 / 2023

Email: Korifasanando@gmail.com

Teléfono: 939 379 022

Firma: Korifasanando

DNI: 73011994

www.repositorio.unu.edu.pe

✉ repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios por protegerme durante todo mi camino, por acompañarme siempre, por darme las fuerzas para seguir adelante cuando quise dejarlo todo y porque es Él que me da la vida y salud.

A mis padres Zaida y César por su amor, su apoyo incondicional, por la confianza depositada en mí, por inculcarme desde un principio el deseo de superación, la motivación que siempre me dan para seguir adelante en todos los aspectos de la vida y estoy muy orgullosa de ustedes.

A mis hermanos Daniel, Wilson, César Deyvy y Elvis Mayer, que a su alcance me brindaron su apoyo y comprensión.

A mi esposo Kiefer que con sus consejos y su amor me ayudan a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A mi familia en general por su incondicional apoyo y confianza durante mi formación profesional.

A mi alma mater la Universidad Nacional de Ucayali y a todos los docentes, que me brindaron sus enseñanzas durante mi formación profesional.

A mis amigos Carmen, Anthony y Joel por su apoyo durante mi carrera profesional y durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Mg. David Gerardo Lluncor Mendoza, por haberme dado la oportunidad de realizar la tesis en el marco del proyecto a su cargo y por su apoyo brindado.

Al Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas, asesor de la presente tesis, por su apoyo y dedicación permanente hasta la culminación de este trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigación de la Amazonia y amigo Ing. Jorge Alencar Vela, por facilitar el material de estudio para poder realizar el presente trabajo.

Al Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnología Forestal Pucallpa, por la facilidad brindada para realizar el trabajo de investigación.

Gracias a todas las personas que me brindaron su apoyo incondicional, paciencia y comprensión durante mi formación profesional y durante el desarrollo de mi tesis.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Formulación del problema	4
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes del problema.....	7
2.2. Descripción de la especie.....	9
2.3. Características de la especie.....	10
2.3.1. Distribución geográfica	10
2.3.2. Descripción botánica.....	10
2.3.3. Usos.....	12
2.3.4. Descripción organoléptica.....	12
2.3.5. Características de la estructura anatómica	13
2.3.6. Propiedades físicas.....	14
2.3.6.1. Contenido de humedad	14
2.3.6.2. Densidad	15
2.3.6.3. Contracción y expansión de la madera	16
2.3.6.4. Coeficiente de contracción	18
2.3.6.5. Punto de saturación de las fibras	19
2.3.7. Propiedades mecánicas	20
CAPITULO III METODOLOGIA.....	22
3.1. Método de investigación	22
3.2. Población y muestra	22
3.2.1. Población	22
3.2.2. Muestra.....	22
3.3. Procedimiento de recolección de datos.....	22
3.3.1. Ubicación y selección de los árboles	22
3.3.2. Talado y trozado de arboles	23
3.3.3. Identificación de la especie.....	23
3.3.4. Preparación de probetas.....	23
3.3.4.1. Obtención de rodajas	23
3.3.4.2. Codificación de las rodajas	24
3.3.4.3. Obtención de las probetas	25
3.3.4.4. Codificación de las probetas	26

3.3.5. Evaluación de las propiedades físicas de la madera	26
3.3.5.1. Contenido de humedad	26
3.3.5.2. Densidad	27
3.3.5.3. Contracción	28
3.3.5.4. Coeficiente de contracción	30
3.3.5.5. Punto de saturación de las fibras	30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.4.1. Técnicas	31
3.4.2. Instrumentos	31
3.5. Procesamiento de recolección de datos	31
3.6. Tratamiento de datos.....	31
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	33
4.1. Determinación del contenido de humedad de la madera	33
4.1.1. Contenido de humedad (%)	33
4.1.2. Contenido de humedad en equilibrio higroscópico	35
4.2. Determinación de la densidad de la madera	37
4.2.1. Densidad básica (g/cm ³)	37
4.2.2. Densidad saturada (g/cm ³)	39
4.2.3. Densidad en equilibrio (g/cm ³)	41
4.2.4. Densidad Anhidra (g/cm ³)	43
4.3. Determinación de la contraccion de la madera.....	45
4.3.1. Contracción tangencial	45
4.3.2. Contracción radial	47
4.3.3. Contracción longitudinal.....	49
4.3.4. Contracción volumétrica	50
4.4. Determinación del índice de estabilidad dimensional (relación t/r) de la madera	53
4.5. Determinación del coeficiente de contracción de la madera	55
4.6. Determinación del punto de saturacion de las fibras	58
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1. Conclusiones.....	60
5.2. Recomendaciones.....	61
VI. BIBLIOGRAFIA	62
VII. ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Denominación de la madera según su contenido de humedad.....	14
Tabla 2. Contenido de humedad saturada y seco al aire de Simarouba amara Aubl.....	15
Tabla 3. Clasificación de la madera según la densidad básica	16
Tabla 4. Clasificación de la madera en función a la densidad anhidra.....	16
Tabla 5. Clasificación de la contracción volumétrica	18
Tabla 6. Clasificación de la relación T/R	18
Tabla 7. Clasificación de las maderas por su coeficiente de contracción volumétrico ccv.....	19
Tabla 8. Número de probetas en cada árbol	26
Tabla 9. Estadísticos del contenido de humedad máximo por niveles longitudinales y transversales del fuste	33
Tabla 10. Prueba de 2 medias de muestras independientes del contenido máximo de humedad de los niveles longitudinales y transversales del fuste.....	34
Tabla 11. Estadísticos del contenido de humedad en equilibrio higroscópico por niveles longitudinales y transversales del fuste.....	35
Tabla 12. Prueba de 2 medias de muestras independientes del contenido de humedad en equilibrio higroscópico por niveles longitudinales y transversales del fuste.....	36
Tabla 13. Estadístico de la densidad básica por niveles longitudinales y transversales del fuste.....	37
Tabla 14. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la densidad básica de los niveles longitudinales y transversales del fuste	38
Tabla 15. Estadísticos de la densidad saturada por niveles longitudinales y transversales del fuste.....	39
Tabla 16. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la densidad saturada de los niveles longitudinales y transversales del fuste	40
Tabla 17. Estadísticos de la densidad en equilibrio por niveles longitudinales y transversales del fuste.....	40
Tabla 18. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la densidad en equilibrio de los niveles longitudinales y transversales del fuste	42

Tabla 19. Estadístico de la densidad anhidra por niveles longitudinales y transversales del fuste.....	42
Tabla 20. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la densidad anhidra de los niveles longitudinales y transversales del fuste	44
Tabla 21. Estadísticos de la contracción tangencial por niveles longitudinales y transversales del fuste.....	44
Tabla 22. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la contracción tangencial de los niveles longitudinales y transversales del fuste ...	46
Tabla 23. Estadísticos de la contracción radial por niveles longitudinales y transversales del fuste.....	47
Tabla 24. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la contracción radial de los niveles longitudinales y transversales del fuste.....	48
Tabla 25. Estadísticos de la contracción longitudinal por niveles longitudinales y transversales del fuste.....	49
Tabla 26. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la contracción longitudinal de los niveles longitudinales y transversales del fuste .	50
Tabla 27. Estadísticos de la contracción volumétrica por niveles longitudinales y transversales del fuste	50
Tabla 28. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la contracción volumétrica de los niveles longitudinales y transversales del fuste .	51
Tabla 29. Estadísticos del índice de estabilidad dimensional (relación t/r) por niveles longitudinales y transversales del fuste	52
Tabla 30. Prueba de 2 medias de muestras independientes del índice de estabilidad dimensional (relación t/r) de los niveles longitudinales y transversales del fuste.....	53
Tabla 31. Estadísticos del coeficiente de contracción volumétrica por niveles longitudinales y transversales del fuste	54
Tabla 32. Prueba de 2 medias de muestras independientes del coeficiente de contracción volumétrica de los niveles longitudinales y transversales del fuste	56
Tabla 33. Estadísticos del punto de saturación de las fibras por niveles longitudinales y transversales del fuste	57

Tabla 34. Prueba de 2 medias de muestras independientes del punto de saturación de las fibras de los niveles longitudinales y transversales del fuste.....	58
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de trozado del fuste (Norma ISO 4471 -1982).	24
Figura 2. Método de corte cruciforme de rodajas	25
Figura 3. Codificación de las rodajas de S. amara Aubl.....	70
Figura 4. Marcado de las rodajas de S. amara Aubl	70
Figura 5. Preparación de las probetas para la evaluación en la sierra cinta. ...	70
Figura 6. Nivelación a la medida necesaria para las probetas en la garlopa. ..	70
Figura 7. Preparación de las probetas en la sierra disco.	71
Figura 8. Obtención de las probetas de S. amara Aubl.....	71
Figura 9. Codificación de las probetas de S. amara Aubl.....	71
Figura 10. Evaluación de las probetas de S. amara Aubl.....	71

RESUMEN

En la actualidad se viene buscando un aprovechamiento sostenible para el sector maderero, esto no solo debe basarse en el uso de un grupo mínimo de especies maderables que generalmente se viene realizando en la industria, sino haciendo uso de especies maderables poco conocidas. Por tal motivo el estudio de las propiedades físicas de la madera es muy importante, y de esta manera se pueda determinar realmente el uso adecuado que se le dará a la madera en el campo industrial. Por tal razón esta investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas de la madera de *Simarouba amara Aubl* (Marupa) y su variación por niveles longitudinales y transversales del fuste. La procedencia del material experimental fue del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA – Pucallpa. El tamaño de la muestra fue de tres árboles, cuyos ensayos físicos se realizaron de acuerdo a las Normas: ISO 4471 – 1982, ASTM D-5536-99, NTP 251.008, NTP 251.010.2014, NTP 251.011.2014, NTP 251.012. 2015. Para la recopilación de la información de las propiedades físicas de la madera fue de tipo experimental, porque se utilizaron como factores los niveles longitudinales y transversales del fuste para determinar y comparar las propiedades físicas de la madera de Marupa (*Simarouba amara Aubl*). Los resultados obtenidos de las propiedades físicas por nivel longitudinal fueron: contenido de humedad máximo de 78,76 %. Las densidades: básica, saturada, en equilibrio y anhidra (0,33; 0,59; 0,40 y 0,38 gr/cm³ respectivamente). Las contracciones: tangencial, radial, longitudinal y volumétrica (5,64; 3,34; 0,40 y 9,32 %), relación T/R (1,71%), Ccv (0,44%) y PSF (21,42%). Con respecto al nivel transversal fueron: contenido de humedad máximo de 80,63%. Las densidades: básica, saturada, en equilibrio higroscópico y anhidra (0,33; 0,59; 0,39 y 0,36 gr/cm³ respectivamente). Las contracciones: tangencial, radial, longitudinal y volumétrica (5,65; 3,57; 0,43 y 9,41 %), relación T/R (1,70%), Ccv (0,44%) y PSF (21,54%). No presentando ninguna variación estadística significativa entre los niveles, deduciéndose que las propiedades físicas de la madera son similares a lo largo del fuste.

PALABRAS CLAVE: Madera, nivel longitudinal, nivel transversal, propiedades físicas.

ABSTRACT

At present, a sustainable use is being sought for the timber sector, this should not only be based on the use of a minimum group of timber species that is generally used in the industry, but also making use of little known timber species. For this reason the study of the physical properties of wood is very important, and in this way it is possible to really determine the adequate use that will be given to the wood in the industrial field. For this reason, the objective of this research was to evaluate the physical properties of *Simarouba amara* Aubl (Marupa) wood and its variation by longitudinal and transversal levels of the shaft. The origin of the experimental material was the National Institute of Agrarian Innovation INIA - Pucallpa. The sample size was three trees, whose physical tests were carried out according to the Norms: ISO 4471 - 1982, ASTM D-5536-99, NTP 251.008, NTP 251.010.2014, NTP 251.011.2014, NTP 251.012. 2015. For the collection of the information of the physical properties of the wood was of experimental type, because the longitudinal and transverse levels of the shaft were used as factors to determine and compare the physical properties of the wood of Marupa (*Simarouba amara* Aubl.). The results obtained for the physical properties by longitudinal level were: maximum moisture content of 78.76 %. Densities: basic, saturated, equilibrium and anhydrous (0.33, 0.59, 0.40 and 0.38 gr/cm³ respectively). Shrinkages: tangential, radial, longitudinal and volumetric (5.64; 3.34; 0.40 and 9.32 %), T/R ratio (1.71%), Ccv (0.44%) and PSF (21.42%). With respect to the transverse level were: maximum moisture content of 80.63%. Densities: basic, saturated, in hygroscopic equilibrium and anhydrous (0.33, 0.59, 0.39 and 0.36 g/cm³ respectively). The contractions: tangential, radial, longitudinal and volumetric (5.65; 3.57; 0.43 and 9.41 %), T/R ratio (1.70%), Ccv (0.44%) and PSF (21.54%). There was no significant statistical variation between levels, and it can be deduced that the physical properties of the wood are similar along the shaft.

KEYWORDS: Wood, longitudinal level, transversal level, physical properties.

INTRODUCCIÓN

Perú es el segundo país con mayor extensión forestal, sin embargo los productos forestales en el mercado mundial es muy baja, a pesar de la situación es necesario enfatizar que la producción forestal del país proviene de bosques naturales que están siendo deforestadas, por esa razón en los últimos años surge la necesidad de apoyar al sector forestal mediante plantaciones forestales las que se reconoce como alternativa económica para mejorar la calidad de vida, así como la lucha contra la deforestación y el cambio climático.

La deforestación en el Perú cada año va en aumento, estimaciones del Ministerio del Ambiente indican que en la amazonia peruana al año 2000 ascienden a 7,2 millones de hectáreas; situación que es preocupante debido al incremento de la demanda de madera y por tanto la presión hacia los bosques naturales es más alta. Una alternativa para disminuir la presión lo constituye el aprovechamiento de la madera proveniente de plantaciones forestales, cuya ventaja es la homogeneidad de los árboles, pero con presencia de madera juvenil, sobre todo en plantaciones jóvenes (Vilcayauri, 2009).

En ese sentido, la especie de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) al considerarse una alternativa para las plantaciones forestales, favorecido por su rápido crecimiento y para el equilibrio con el ambiente, surge la necesidad de investigar sus propiedades físicas con la cual se busca definir el uso de la especie a la edad de once años, fomentando su aprovechamiento en el sector industrial; así mismo poder utilizar como antecedentes en la producción de segunda transformación de la madera; el estudio beneficiará a los empresarios de la segunda transformación de la madera, productores industriales, Ingenieros forestales, docentes universitarios, alumnos universitarios y demás personas interesadas que de alguna manera puedan dar un adecuado uso y aprovechamiento de la madera.

En la parte ambiental, durante el proceso de aprovechamiento se contribuirá en minimizar el impacto generado al talar árboles comerciales que poco a poco vienen desapareciendo, generando una alternativa de plantaciones forestales.

A nivel económico, se estará propiciando el mejoramiento de todo el proceso de extracción forestal a través de las plantaciones forestales que a la vez generarían más puestos de trabajo en la zona de y de esta manera dar un valor agregado.

En lo social, el mejoramiento de las condiciones de vida de la población dedicada en las plantaciones del sector industrial forestal; siendo propiciado el aumento de puestos de trabajo directos e indirectos.

Técnicamente, se estaría generando información tecnológica aplicable a la industria maderera, a menudo a cargo de microempresas y empresas unipersonales.

El objetivo general es analizar la influencia de los niveles longitudinales y transversales del fuste en las propiedades físicas de la madera de Marupa (*Simarauba amara* Aubl) procedente de una plantación de 11 años en Pucallpa. Los objetivos específicos son: determinar el contenido de humedad máximo y en equilibrio, determinar la densidad básica, saturada, en equilibrio higroscópico y anhidra; determinar la contracción radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y el índice de estabilidad dimensional (T/R); determinar el coeficiente de contracción volumétrica; estimar el punto de saturación de las fibras de la madera de Marupa (*Simarauba amara* Aubl) y la influencia en los niveles longitudinales y transversales del fuste.

A continuación, se presenta una descripción general de los capítulos que forman parte del siguiente trabajo de investigación.

En el primer capítulo, se presenta el planteamiento del problema con su formulación del problema tanto el problema general y los problemas específicos.

En el segundo capítulo, se presenta el marco teórico referente a antecedentes del estudio, su descripción, el objetivo que implica evaluar las propiedades físicas de la y su variación por niveles longitudinales y transversales del fuste de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa).

En el tercer capítulo, se describe el método y procedimiento utilizado en el proceso de la evaluación de las propiedades físicas.

En el cuarto capítulo, se muestran los resultados obtenidos después de haber aplicado los métodos descritos en el capítulo anterior, obteniendo las propiedades físicas de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Y finalmente el quinto capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación estudiada.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

La Organización Internacional de las Maderas Tropicales, sostiene que tratando de buscar solución para el desarrollo sostenible de los recursos forestales, que no es preocupación exclusiva de Perú sino de toda la región amazónica y el mundo, varios organismos e instituciones nacionales e internacionales han hecho planteamientos desde hace más de 20 años, para promover no sólo las inversiones en actividades forestales, para satisfacer las necesidades de productos y servicios medioambientales de las poblaciones, cada vez crecientes, sino también para preservar la biodiversidad, reducir los altos volúmenes de residuos, aumentar y mejorar la producción maderera con mayor valor agregado en beneficio de las actuales y futuras generaciones (Santiago et al., 2012).

La selva amazónica del Perú abarca un área de 77 535 384 ha, que representa el 60,3 por ciento de la superficie total del país. Sin embargo, la tala selectiva y el comercio ilegal de madera se ha generalizado, ocasionando el descremado de bosques con abundancia de especies poco conocidas para el cambio de uso de suelo y la poca valoración de bosques secundarios (BS) y bosques primarios residuales (BPR), a pesar que contienen especies con potencial industrial y comercial para reducir la presión de las especies comerciales (Santiago et al., 2013).

Los bosques húmedos tropicales se caracterizan por su compleja estructura y ecología; factores que a menudo complican su manejo; el Perú es considerado como un país con abundantes recursos naturales; el potencial que encierra su territorio es ampliamente conocido y se resalta nítidamente el recurso forestal, caracterizado por el bosque húmedo tropical de la Amazonia peruana; por tal razón, es necesario establecer pautas muy claras y precisas acerca del manejo de los recursos naturales (PROFONANPE, 2007 citado por Liclan, 2012).

El abastecimiento de los mercados urbanos nacionales e internacionales, es un reto importante tanto para los proveedores y compradores, y requiere de una logística que articula una extensa red de actores que extraen y comercializan diferentes volúmenes de madera. Estos actores consiguen legalizar sus actividades de aprovechamiento, ejercer un cierto control sobre los precios, y en algunos casos, transformar la madera acumulada en productos terminados (Mejía et al, 2015).

En la actualidad se viene buscando un aprovechamiento sostenible de las maderas, esto no solo debe basarse en el uso de un grupo mínimo de maderas que generalmente se viene realizando en la industria, sino haciendo uso de maderas poco conocidas. Por tal motivo la investigación de algunas propiedades físicas de la madera es muy importante, ya que se puede determinar realmente el uso que se le dará a la madera en el campo industrial.

En tal sentido la investigación busca resolver las siguientes interrogantes:

Problema general:

¿Cuál es la influencia de los niveles longitudinales y transversales del fuste en las propiedades físicas de la madera de Marupa (*Simarauba amara* Aubl) procedente de una plantación de 11 años en Pucallpa?

Problemas específicos:

¿Cuál es el contenido de humedad de la madera de Marupa (*Simarauba amara* Aubl) en los niveles longitudinales y transversales del fuste?

¿Cuál es la densidad básica, saturada, en equilibrio higroscópico y anhidra de la madera de Marupa (*Simarauba amara* Aubl) en los niveles longitudinales y transversales del fuste?

¿Cuál es la contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y el índice de estabilidad dimensional de la madera de Marupa (*Simarauba amara* Aubl) en los niveles longitudinales y transversales del fuste?

¿Cuál es el coeficiente de contracción volumétrica de la madera de Marupa (*Simarauba amara* Aubl) en los niveles longitudinales y transversales del fuste?

¿Cuál es el punto de saturación de las fibras de la madera de Marupa (*Simarauba amara* Aubl) en los niveles longitudinales y transversales del fuste?

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema.

Gonzales et al (2013), determinó las propiedades físicas de la madera de *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste), a diferentes niveles del fuste, encontrando diferencia altamente significativa en el contenido de humedad en condición saturada y seca al aire, así mismo existe una diferencia altamente significativa en las densidades seca al aire, seca al horno y básica, entre los niveles del fuste, en cuanto a contracciones existe diferencia altamente significativa en la contracción volumétrica y en la relación T/R de la parte basal, medio y copa del fuste existe diferencia significativa.

Aguirre (2014), buscando determinar las propiedades físicas a tres alturas del fuste de *Senefeldera inclinata*. Mart (Huangana caspi), encontró diferencia significativa en los niveles de altura en lo que a contenido de humedad se refiere, así mismo para la densidad saturada no existen diferencias significativas entre el nivel de fuste, con respecto a la densidad básica y densidad anhidra existe diferencia significativa en los niveles de altura de fuste, mientras la contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y la relación T/R no existen diferencias significativas entre el nivel de fuste.

Para el contenido de humedad de la madera *Inga acreana* Harms (Shimbillo) se indicó que es 70.647%; contracción volumétrica de 9.923 %; y la relación de su contracción tangencial y radial (T/R) es de 1.505%, por lo tanto, esta especie posee contracción volumétrica baja y de acuerdo a su relación T/R es una madera estable. Así mismo la densidad básica es de 0,825 gr/cm³, de acuerdo a este resultado según la NTP N°251.011, nos permite clasificarlo como una madera de densidad muy alta (Meza, 2016).

En el estudio realizado con la finalidad de determinar la edad óptima de aprovechamiento de *Simarouba amara* (Aubl.) Marupa, y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke), tornillo, se evaluaron las propiedades físicas proveniente de plantaciones de 15 a 20 años, de 20 a 25 años, de 25 a 30

años y de 30 a 40 años. La densidad básica para *S. amara* (Marupa) de todas las edades es baja (II) de 327 kg/m³ a 370 kg/m³ y para *C. cateniformis* (Tornillo) es media (III) de 423 kg/ m³ a 473 kg/ m³; a su vez presenta una Anisotropía (T/R) (%) de calidad Muy Estable (I) de 1,21% a 1,32%; la contracción volumétrica (%) es de calidad Baja (II) de 7,93% a 9,07% (Quintana *et al.*, 2011)

Rivera (2014), determino que el contenido de humedad de Bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.), presenta diferencia estadística significativa en los niveles del fuste, para la contracción tangencial no se encontró diferencia estadística significativa en cada uno de los niveles. Así mismo en la contracción radial (CRt) no se halló diferencia estadística entre los niveles, pero numéricamente fue superior en el nivel base del fuste, seguido por el nivel medio y ápice. En la contracción longitudinal no existe diferencia estadística entre los niveles del fuste y con respecto a la contracción volumétrica CVt en los niveles del fuste (base, medio, ápice) se encontró diferencia significativa, la parte basal presentó una CVt de 8,81 % seguido por la parte media (8,7 %) y ápice (8,21 %).

En la investigación realizada con la finalidad de determinar las propiedades físicas del "Cetico" *Cecropia sciadophylla* Mart (Torres, 2009), encontró diferencia altamente significativa en el contenido de humedad en cada uno de los niveles del fuste, también obtuvo un promedio de (138,67 %). Así mismo en la densidad básica se halló diferencias estadísticas significativas, ubicándose dentro del Grupo II, considerado como densidad Baja (B). Por otro lado, no existen diferencias estadísticas significativas en cuanto a la contracción radial y contracción volumétrica dando un resultado promedio (2,71 %) y (10,17%) respectivamente. En cuanto a la contracción tangencial se observa que existen diferencias estadísticas significativas con un resultado promedio (8,29%). Para la contracción longitudinal se observa que no existen diferencias estadísticas significativas dando un resultado promedio (0,28%), estos resultados nos indican que la contracción longitudinal total es similar en toda la longitud del fuste en la especie "cetico".

Vilcayauri (2009), en su investigación de propiedades físico-mecánicas de *Simarouba amara* Aubl. (marupa) proveniente de las plantaciones, encontró que solo existe diferencia significativa en la contracción radial y presenta una densidad básica similar para las diferentes alturas.

Quispe (2016), determino que, según los niveles del fuste de *zanthoxylum riedelianum* Engl (Hualaja), existe una alta diferencia entre el nivel base con el nivel ápice siendo el nivel base (1.89%) con mayor porcentaje y el nivel ápice (1.66 %) con menor porcentaje.

Martínez Sánchez & Oyola Colorado (2016), en su estudio de propiedades físico-mecánicas de *Simarouba amara* Aubl. de determinaron la densidad, contracciones transversales y longitudinales en los tres contenidos de humedad: verde, seca al aire y seca al horno, determino la densidad seca al aire un valor promedio de 0,45 g/cm², clasificándola como bajo según la norma ASTM; la contracción volumétrica normal fue pequeña (9,09 %) según la norma DIN; y la relación entre la contracción tangencial y radial tanto normal como total fueron moderadamente estables (2,14 y 1,81) según la norma DIN. De acuerdo con los resultados de las propiedades físicas de la madera de *Simarouba amara* Aubl. los usos posibles que se recomiendan para esta son: carpintería de obra y construcciones livianas. Otros usos posibles son para cerillas, juguetes, etc.

2.2. Descripción de la especie

Cronquist citado por Marzocca (1985), clasifica a esta especie de la siguiente forma:

División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsidae
Sub – Clase : Rosidae
Orden : Sapindales
Familia : Simaroubaceae
Nombre científico : *Simarouba amara* Aubl.
Nombre común : "Marupá".

2.3. Características de la especie

2.3.1. Distribución geográfica

Oshiro (2016), señala que se encuentra en zonas altas con suelos arenosos bien drenados, en las formaciones de bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) en transición a bosque húmedo tropical (bh-T). Generalmente crece asociada con las especies: Jacaranda spp., Sclerolobium spp., Laetia spp., Guatteria spp. Según las zonas y los resultados de inventarios disponibles, el volumen bruto de la Marupa varía de 0,3 a 1,6 m³/ha (con un diámetro a la altura del pecho superior a 0,40 metros).

Santiago et al., (2013), añade que esta especie se distribuye desde todo Centro América hasta parte de Sur América, abarcando países como Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y parte de Bolivia, Uruguay y Paraguay. En ecosistemas naturales se encuentran bosques secundarios y primarios residuales.

2.3.2. Descripción botánica

Árbol: De fuste recto, ahusado, cilíndrico sin aletones y conicidad pronunciada. Altura comercial promedio de 24 metros y altura total promedio de 40 metros. El diámetro promedio a la altura del pecho de 0,60 metros. La corteza externa es de color gris claro, de textura casi lisa a levemente agrietada con fisuras finas verticales, lenticular, presenta 4 centímetros de espesor. Corteza interna de color amarillo cremoso, con veteado blancuzco, de textura arenosa y sabor muy amargo, de allí proviene su nombre genérico (Oshiro, 2016).

Hojas: Se caracteriza por ser alternas paripinnadas, foliolos lanceolados, opuestos, brillantes, borde entero, de color verde lustroso, el eje de color verde amarillento, las láminas de los foliolos miden de 8 a 15 cm, son opuestos con pecíolos cortos de 5 mm, extremos redondeados, con puntas diminutas, el borde virado hacia

abajo, caen rápidamente sino son tratadas con antidefoliante (Angulo, 2015).

Flores: Inflorescencia en racimo, masculinas y femeninas en distintos árboles (dióico), de color verde amarillentos. En panículas o racimos terminales o laterales, grandes muy ramificados de 15 a 25 cm (Angulo, 2015).

Fruto y Semilla: Fruto compuesto por una o varias drupas, elíptico, cuando madura es de color pardo oscuro y cuando es inmaduro es negro. Tienen una pulpa delgada amarga. Semilla elíptica grande. En la zona del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt fructifica en los meses Enero – Marzo. Dehiscentes en dos valvas, de color marrón, de 2.90 cm de longitud, 2.50 cm de ancho y 1.70 cm de espesor, con un peso de 5 gr, superficie lisa, glabra. 200 frutos hacen un kilo. Semillas de 1 a 2 con arilos de color amarillo (tejido carnoso que cubre la semilla); aproximadamente 909 semillas hacen un kilo (Angulo, 2015).

Silvicultura: Según CLAUSSE & ARÓSTEGUI, (1992) citado por Mostacero et al., (2002), señalan que la floración del Marupa se da a fines de la estación seca y mientras ésta dure (entre setiembre y noviembre). Fructifica durante la estación de lluvias entre diciembre y marzo. La polinización se da por intermedio de abejas pequeñas. La propagación sexual por semilla es exitosa. El número de semillas por kilo es de 4 200 con pureza reportada de 70%. El peso de 1000 semillas es de 365 gramos. Tratamientos pre germinativos por inmersión en agua fría de 12 y 24 horas, y sobre todo en ácido acético por cinco minutos. El poder germinativo es de 79% con semillas frescas tratadas por inmersión en agua fría de 12 a 24 horas y 92% con tratamiento por inmersión de cinco minutos en ácido acético.

En viveros se obtienen los mayores crecimientos en altura, bajo tinglado con pase de 25% de luz solar. Los espaciamientos de

siembra de 10 x 10 y 15 x 15 centímetros en las camas de almácigo. Se trasplantan con pan de tierra a terreno definitivo a un distanciamiento de 3 x 3 metros, la supervivencia es alta. Los diámetros del crecimiento promedio registrado son altos, de 16 a 23 centímetros a los 9 a 18 años y altura 17 a 20 metros en ese periodo. Es recomendable la plantación en terrazas altas con suelos aluviales, de tipo franco arenoso y mayormente plano (Mostacero et al., 2002).

2.3.3. Usos

Patiño (2002) citado por Vilcayauri (2009), menciona que esta especie proveniente de plantaciones, puede usarse en persianas de madera, revisteros, cajonería liviana, separadores de libros, ficheros, carpeta de trabajo, rondanas, machihembrado para revestimiento y zócalos.

Vilcayauri (2009), añade que el uso de la madera de esta especie es para cajonería liviana, carpintería (persianas, zócalos, ficheros, paneles de muebles interiores), revestimiento interno, encofrados, juguetería, tablero de partículas, entre otros.

2.3.4. Descripción organoléptica

Según Oshiro (2016), las características organolépticas de la siguiente manera:

Color: Albura blanco cremoso, duramen amarillo pálido verdoso

Grano: Recto

Textura: Mediana uniforme

Brillo: Medio a brillante

Veteado: Suave, jaspeado claro

Olor: No distintivo

Sabor: Amargo

2.3.5. Características de la estructura anatómica

Lozano & Pineda (2015), considera las siguientes características anatómicas:

Anillos de crecimiento. Límite poco definido o ausentes.

Parénquima. Claramente visible a simple vista en el corte transversal humedecido. Parénquima axial alado aliforme, parénquima axial confluyente y parénquima en bandas.

Radios. Visibles a simple vista en los tres planos. Números de radio por mm (18 - 24), promedio (20,21) y desviación estándar (1,86). Ancho de los radios de 1 – 3 células. Radios de un solo tamaño. Altura de los radios (0,27 – 0,51 mm), promedio (0,37 mm) y desviación estándar (0,07). Radios (homocelulares) compuesto por todas las células erectas y/o cuadradas y radios (heterocelulares) compuesto por células procumbentes con una hilera de células marginales erectas y/o cuadradas.

Poros/Vasos. Visibles a simple vista. Madera de porosidad difusa. Disposición de los vasos con patrón en tangencial. Agrupación de los vasos exclusivamente solitarios y en múltiplos radiales de 4 o más en común. Diámetro tangencial del interior de los vasos (210 – 110 μm), promedio (163,75 μm) y desviación estándar (21,9). Vasos por mm^2 (1 – 2), promedio (1,45) y desviación estándar (0,49). Longitud del vaso (350 – 1090 μm), promedio (521,81 μm) y desviación estándar (119,55). Platinas de perforación simple. Punteaduras intervasculares alternas. Tamaño de las punteaduras pequeñas (5 – 10 μm), promedio (6,56 μm) y desviación estándar (1,36). Punteaduras radiovasculares con los bordes distintos; similares a las punteaduras intervasculares en tamaño y forma a lo largo de la célula del radio. Gomas y otros depósitos en el vaso.

Fibras. Fibras de pared muy delgada, con punteaduras simples o punteaduras areoladas minúsculas. Fibras no septadas.

2.3.6. Propiedades físicas

Se llaman propiedades físicas de la madera, a las propiedades que pueden determinarse sin alterar la integridad de la muestra, sometida al ensayo, y cambiar su composición química, es decir, que puedan definirse mediante la inspección, la pesada, la medida y el secado (GRIGORIEV, 1985 citado por Aguirre, 2014).

2.3.6.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad de la madera tiene importancia en la utilización, ya que influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductividad térmica y acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad (Arostegui, 1982).

Por tal razón, el contenido de humedad de la madera se define como la diferencia entre el peso húmedo y el peso absolutamente seco. Multiplicado por 100, se obtiene la humedad de la madera expresada en porcentaje. Hay que tomar en cuenta, que el contenido de humedad de la madera se relaciona para sus propiedades físicas y mecánicas siempre con el peso seco al horno. Debido a esta definición algunas maderas pueden alcanzar un contenido de humedad hasta 250% y más (SCHREWE, 1983, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988 citado por Aguirre, 2014).

Tabla 1. *Denominación de la madera según su contenido de humedad*

Denominación	Humedad (%)	Lugar de Ubicación
Madera muy húmeda	80 >	Bajo cubierta en el bosque
Madera húmeda	25 – 80	Recién cortada en patio o a la intemperie
Madera poco seca	20 – 25	Aire libre
Madera seca al aire	15 – 20	Bajo techo
Madera muy seca	8 – 15	Interiores
Madera anhidra	0	Laboratorio

Fuente: Guía para el secado de la madera aserrada, (Vizcarra, 1998).

Tabla 2. *Contenido de humedad saturada y seco al aire de Simarouba amara Aubl*

Contenido de humedad (%)	Plantación (años)			
	>15-20	>20-25	>25-30	>30-40
Saturada (%)	140,80	115,63	130,20	111,13
Seco al aire (%)	15,36	15,38	15,35	15,49

Fuente: Propiedades físico-mecánicas de las maderas de *Simarouba amara* (Aubl.) y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) de plantaciones de diferentes edades, San Juan Bautista, (Quintana *et al.*, 2011).

2.3.6.2. Densidad

La densidad es el cociente entre la masa y el volumen de la madera, la cual varía con la humedad, es decir, cuando la humedad crece, la densidad también crece (Karsulovic, 1982; Pérez, 1983; Cuevas, 2003 citado por Díaz, 2005).

Según Santiago *et al.*, (2013), existe una relación directa de la densidad con las propiedades mecánicas, a mayor densidad mayor resistencia. Por lo general las maderas de mayor densidad son más durables que las maderas livianas. Las maderas densas son más difíciles para ser trabajadas, secadas e inmunizadas.

Las maderas de densidad alta presentan generalmente células con lumen pequeño y pared celular gruesa. Lo contrario se presenta para las maderas livianas, en donde por lo general las células presentan muchos espacios porosos y presentan buenas características acústicas y aislantes (Santiago *et al.*, 2013).

Tabla 3. *Clasificación de la madera según la densidad básica*

Grupo	Rango (g/cm³)	Clasificación
I	Menos de 0,30	Muy baja (MB)
II	De 0,31 a 0,40	Baja (B)
III	De 0,41 a 0,60	Media (M)
IV	De 0,61 a 0,80	Alta (A)
V	Más de 0,81	Muy alta (MA)

Fuente: Guía para el secado de la madera aserrada, (Vizcarra, 1998)

El peso específico normal de la madera es muy variable según especies. Así, existen maderas que apenas tienen una densidad de 0.2 g/cc a maderas de 1.4 g/cc. La máxima densidad teórica que puede tener una madera es de 1.54 g/cc dado que ésta es la densidad de la pared celular (Vignote & Martínez, 2006 citado por Huaynalaya, 2018).

Tabla 4. *Clasificación de la madera en función a la densidad anhidra*

Propiedad física	Rango	Calificación
	Menor de 0.35 g/cm ³	Muy liviana
	De 0.36 a 0.55 g/cm ³	Liviana
Densidad anhidra	De 0.56 a 0.75 g/cm ³	Moderadamente pesada
	De 0.76 a 1.0 g/cm ³	Pesada
	Mayor a 1.0 g/cm ³	Muy pesada

Fuente: Evaluación de las propiedades físicas de la madera de tres especies forestales. (Huaynalaya, 2018).

2.3.6.3. Contracción y expansión de la madera

Según Pérez (1983) citado por Díaz (2005), se entiende por contracción a la disminución o pérdida de volumen de la madera, bajo el P.S.F y se expresa como porcentaje de la dimensión de la madera en estado verde, ya que en esta condición todavía no ha ocurrido

ninguna reducción dimensional. La contracción es una de las características más indeseables de la madera y es la responsable en gran medida, de los inconvenientes y dificultades que se encuentran con ella en la construcción.

Santiago et al., (2013), señala que son los cambios dimensionales ya sea en sentido radial, tangencial y longitudinal, como consecuencia del cambio de su contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. La causa es la salida o el ingreso del agua higroscópica de la pared celular; el agua libre no tiene influencia. Toda madera que se seca se contrae, ocasionando una disminución en sus dimensiones, lo cual trae consigo tensiones que causan grietas y torceduras. La contracción o dilatación se expresa generalmente como porcentaje de las dimensiones en estado saturado.

Santiago et al., (2013), define las siguientes contracciones:

- Contracción tangencial: Variación de la dimensión de una pieza de madera, en el sentido perpendicular a los radios de la madera, entre el estado verde y el estado anhidro. Referida a dimensiones en estado saturado expresada en porcentaje (%).

- Contracción radial: Variación de la dimensión de una pieza de madera en el sentido de sus radios, el estado verde y el estado anhidro. Se refiere a las dimensiones en estado saturado expresada en porcentaje (%).

- Contracción volumétrica: Clasifica los cambios dimensionales tanto en sentido radial, tangencial y longitudinal, debido al cambio del contenido de humedad debajo del punto de saturación de las fibras. Dichas contracciones están referidas a las dimensiones en estado saturado. Expresada en porcentaje (%).

Tabla 5. *Clasificación de la contracción volumétrica*

Propiedad física	Rango	Calificación	Grado
Contracción volumétrica	Menor del 7%	Muy baja (MB)	I
	De 7.1 a 10%	Baja (B)	II
	De 10.1 a 13%	Media (M)	III
	De 13.1 a 15%	Alta (A)	IV
	Más de 15%	Muy alta (MA)	V

Fuente: Manual de transformación de la madera, (Santiago et al., 2013).

- Relación T/R: Clasifica la estabilidad de la madera ante los cambios dimensionales por la pérdida del agua higroscópica o decremento del contenido de humedad entre el plano tangencial y radial.

Tabla 6. *Clasificación de la relación T/R*

Propiedad física	Rango	Calificación	Grado
Relación T/R	Menor de 1.50	Muy estable (ME)	I
	De 1.50 a 2.50	Estable (E)	II
	De 2.51 a 3.00	Inestable (I)	III
	Mayor de 3.00	Muy inestable (MI)	IV

Fuente: Manual de transformación de la madera, (Santiago et al., 2013).

Cuando más coincidentes sean las contracciones radial y tangencial, menos tensiones se producen en la madera y más estabilidad tendrá. Según norma UNE 56.840, madera con relación entre coeficientes $R_{vr} > 2$ presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería (Vignote, 2000; citado por Díaz, 2005).

2.3.6.4. Coeficiente de contracción

El coeficiente de contracción volumétrica es una medida de la variación de volumen como consecuencia de la variación de humedad de la madera (Vignote & Martínez, 2006).

Según Spavento et al. (2008), el coeficiente de contracción expresa cuanto contrae una madera cuando pierde 1% en su contenido de humedad.

Tabla 7. *Clasificación de las maderas por su coeficiente de contracción volumétrico Ccv*

Clases de maderas por su Ccv	Coeficiente de contracción volumétrico Ccv %	Interpretación
Muy estables	< 0,35	Ebanistería
Estables	De 0,35 a 0,45	Carpintería y mueble
Medianamente nerviosas	De 0,45 a 0,5	Construcción
Nerviosas	De 0,5 a 0,6	Construcción en despiece radial
Muy nerviosas	> 0,6	Para medios de humedad constante

Fuente: Tecnología de la madera, (Vignote & Martínez, 2006).

2.3.6.5. Punto de saturación de las fibras

El punto de saturación de las fibras (PSF) es un estado de saturación en el que no hay presencia de agua libre y en el que el agua solo se encuentra saturando las paredes celulares (Spavento et al., 2008).

Se considera importante conocer cuál es el valor del contenido de humedad (CH) que corresponde justo al nivel en el cual una madera ha perdido teóricamente toda su agua libre y sus paredes celulares están saturadas de agua higroscópica, ya que, como se indicó, ese punto representa el inicio de las contracciones (en un proceso de secado) o el máximo de su hinchamiento (en un proceso de adsorción). A este nivel se le conoce técnicamente como punto de saturación de la fibra, (PSF), (Kollmann y Côté, 1968 citado por Fuentes, 2000).

El estado de la madera cuando se ha evaporado toda el agua libre y comienza a perder el agua higroscópica, se conoce como el punto de saturación de las fibras. El contenido de humedad de la madera por debajo de este estado influye en forma significativa en las propiedades físicas y mecánicas (Grigoriev, 1985; citado por Rivera, 2014).

2.3.7. Propiedades mecánicas

Valderrama (2002), describe las siguientes características:

Modulo de elasticidad en flexión	: 77,000 kg/cm ²
Modulo de rotura en flexión	: 427,00 kg/cm ²
Compresión paralela (RM)	: 201,00 kg/cm ²
Compresión perpendicular (ELP):	33,00 kg/cm ²
Corte paralelo a las fibras	: 64,00 kg/cm ²
Dureza de los lados	: 204,00 kg/cm ²
Tenacidad (resistencia choque)	: 1,63 kg/cm ²

DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS

Bosque: Es la comunidad vegetal natural o cultivada (plantación forestal) en donde predominan especies leñosas referidas a determinada superficie del suelo (NTP, 251.001.2003).

Cambios dimensionales: Contracción y expansión de la madera tanto en sentido radial, tangencial y longitudinal, que sufre la madera como consecuencia del cambio de su contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras, (Rivera, 2014).

Contracción: Reducción de las dimensiones de una pieza de madera causada por la disminución del contenido de la humedad a partir de la saturación de las fibras, (NTP, 251.001.2003).

Densidad: Es el cociente entre la masa y el volumen de la madera, la cual varía con la humedad, es decir, cuando la humedad crece, la densidad también crece, (Díaz, 2005).

Densidad Básica: Relación entre la masa anhidra de una pieza de madera y su volumen verde. Se expresa en g/cm³. (NTP, 251.001.2003).

Fibras: Son células largas y delgadas que cumplen la función de sostén del leño o resistencia mecánica, (SECF, 2017).

Radios: Tejido parenquimatoso que sirve para la conducción y almacenamiento de sustancias de reserva desde la corteza hasta el centro del árbol, (SECF, 2017).

Tenacidad: Propiedad de un material que le permite absorber cantidades relativamente grandes de energía, (SECF, 2017).

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Método de investigación

El método utilizado para la recopilación de la información de las propiedades físicas de la madera fue de tipo experimental, porque se utilizaron como factores los niveles longitudinales y transversales del fuste para determinar y comparar las propiedades físicas de la madera de Marupa (*Simarouba amara* Aubl.).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por 80 individuos de una plantación de 11 años de edad de la especie *Simarouba amara* Aubl (Marupa), siendo una población finita.

3.2.2. Muestra

La muestra fue no probabilístico, conformada por 3 árboles de la especie *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), procedentes de la plantación de 11 años de edad, siguiendo la norma COPANT 458 que señala que las muestras deben tomarse de por lo menos tres (3) árboles por población, las cuales fueron elegidas aplicando el muestreo aleatorio simple.

3.3. Procedimiento de recolección de datos

3.3.1. Ubicación y selección de los árboles

La plantación del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA - Pucallpa se ubica en la Carretera Federico Basadre Km. 4.200, políticamente se encuentra en el Distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali. Se seleccionaron 3 árboles de forma aleatoria que fueron marcados para el estudio dentro de un área de 2500 m² de la población.

Geográficamente se encuentra a 8°22'40" Latitud sur y 74°31'00" Longitud oeste, la temperatura promedio es de 25.5 °C respectivamente y la humedad relativa promedio de 80% y precipitación anual promedio de 1692 mm.

3.3.2. Talado y trozado de arboles

Previo al talado de los tres (3) arboles, se realizó el raspado del fuste procediendo a la codificación. Con el uso de una motosierra se llevó a cabo el tumbado y despuntado de los árboles, luego se realizó el trozado de los fustes en concordancia con lo establecido por la Norma ISO 4471 – 1982 (Figura 1), permitiendo la toma de muestras por niveles longitudinales del fuste (base y apical).

3.3.3. Identificación de la especie

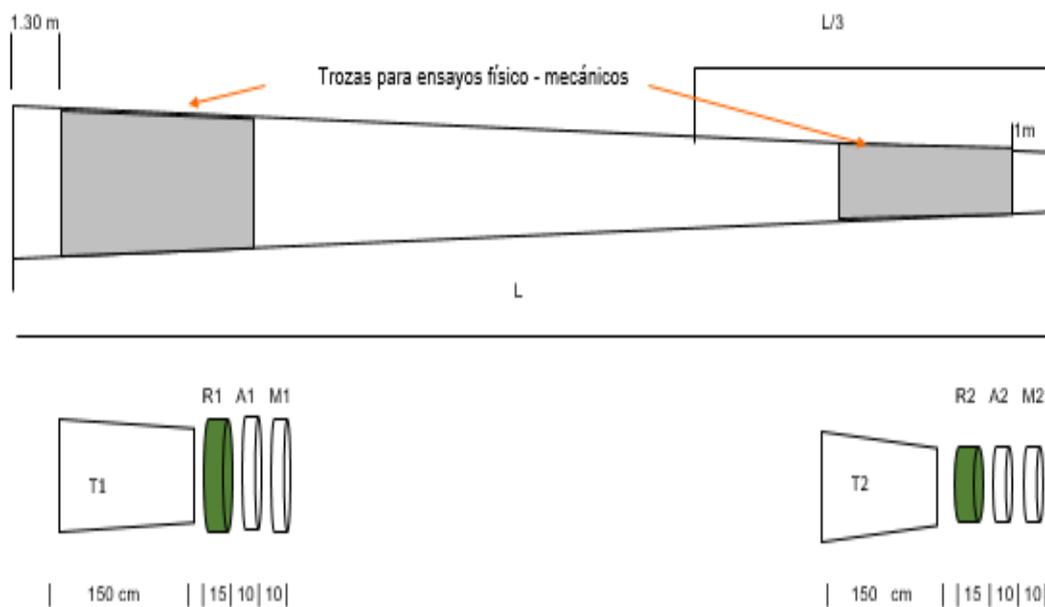
La identificación de la especie *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) anatómicamente a nivel microscópico y por el método de comparación con los archivos de identificación especies forestales que existen en el Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA – Pucallpa.

3.3.4. Preparación de probetas

3.3.4.1. Obtención de rodajas

En la carpintería del Centro de Innovación Productiva y Tecnológica Forestal Pucallpa – CITEFORESTAL Pucallpa, las trozas fueron cortadas en rodajas, según el esquema establecida por la Norma ISO 4471 – 1982 (Figura 1). Las rodajas tuvieron una dimensión de 15 cm. de espesor por su diámetro; cada rodaja se envolvió con film (plástico) para evitar que pierda humedad y fue marcada convenientemente con plumón indeleble, para su fácil identificación.

Figura 1. Esquema de trozado del fuste (NORMA ISO 4471, 1982)



R1 y R2= Rodajas transversales para probetas de propiedades físicas
 A1 y A2= Rodajas transversales para material de estudios anatómicos
 M1 y M2= Rodajas o discos para muestras de la sección transversal del fuste

T1 y T2 = Trozas para probetas de propiedades mecánicas

Fuente: Protocolo de campo para la selección y colección de muestras para la caracterización anatómica y de propiedades físicas, mecánicas, químicas y tecnológicas de la madera (Salvador, 2010).

3.3.4.2. Codificación de las rodajas

Las rodajas se codificaron de acuerdo a la norma NTP 251.008:

- Número del árbol dentro de la especie: 1, 2, 3
- Nivel de la rodaja dentro del árbol: Ápice (A), Base (B).



3.3.4.3. Obtención de las probetas

La obtención de las probetas se realizó en la carpintería del Centro de Innovación Productiva y Tecnológica Forestal Pucallpa – CITEFORESTAL Pucallpa, donde fueron cortadas con la sierra cinta carpintera siguiendo la orientación cardinal y codificadas empleando el método cruciforme de la Norma ASTM D-5536-99 para la preparación de probetas para los ensayos de las propiedades físicas de la madera, (figura 2), posteriormente a la codificación se procedió a rectificar y quedar en la medida necesaria con el uso de la garlopa. Después se pasó por la canteadora industrial para igualar los lados de la muestra y finalmente se utilizó la sierra circular para realizar y obtener las probetas previo a ello se midió con la wincha de metal, posteriormente se utilizó bolsa plástica para trasportar y evitar la pérdida de humedad.

Se obtuvieron un total de 110 probetas completamente orientadas en los planos de cortes tangencial y radial con dimensiones estándar de 1.5 x 1.5 x 10 cm, estipuladas en la Norma NTP 251.010.

Figura 2. Método de corte cruciforme de rodajas

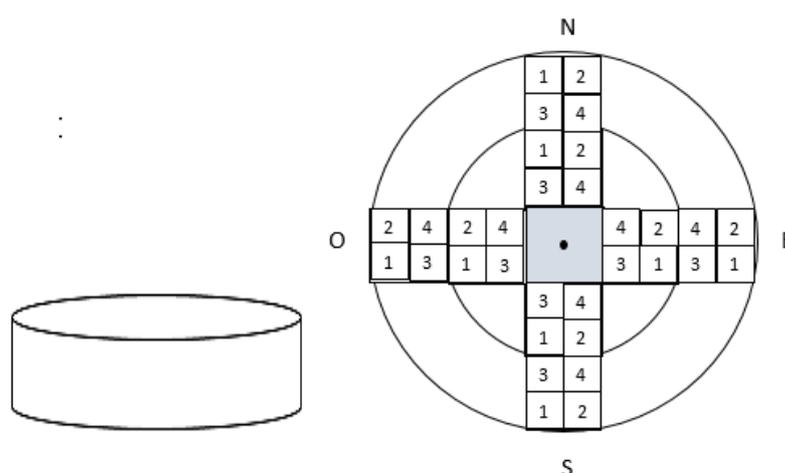


Tabla 8. Número de probetas en cada árbol

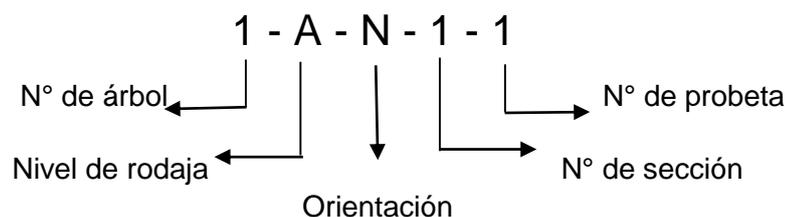
Niveles	Arboles						Total de probetas	
	1		2		3		Por Nivel	Por Árbol
	N	S	N	S	N	S		
Base	10	14	10	16	8	12	70	
Ápice	8	8	8	6	6	4	40	110

N: norte. S: sur

3.3.4.4. Codificación de las probetas

Las probetas se codificaron de acuerdo a la norma NTP 251.008:

- Número del árbol dentro de la especie: 1, 2, 3
- Nivel de la rodaja dentro del árbol: Ápice (A), Base (B).
- Orientación: Norte (N), Sur (S)
- Número de sección de la probeta: 1,2,3,4
- Número de la probeta dentro de la sección: 1,2



3.3.5. Evaluación de las propiedades físicas de la madera

3.3.5.1. Contenido de humedad

Para el cálculo de los diferentes contenidos de humedad de las probetas se utilizó el método gravimétrico y acorde con lo establecido en la Norma NTP 251.010.2014.

$$CH(\%) = \frac{Ph - Psh}{Psh} \times 100$$

Donde:

Ph : Peso húmedo de la probeta en g.

Psh : Peso seco al horno de la probeta en g.

Contenido de humedad seca al aire

$$CHEH(\%) = \frac{Ph - Pheh}{Pheh} \times 100$$

Donde:

Ph : Peso húmedo de la probeta en g.

Pheh: Peso con humedad en equilibrio higroscópico de la probeta en g.

3.3.5.2. Densidad

La densidad de la madera en sus diferentes condiciones, fue determinada según lo establecido en la NTP 251.011.2014, utilizando las siguientes formulas:

Densidad básica:

$$Db = \frac{Psh(CH \approx 0\%)}{Vh(CH > 30\%)} g / cm^3$$

Donde:

Psh: Peso seco al horno g.

Vh: Volumen húmedo o saturado cm^3 .

Densidad saturada:

$$Ds = \frac{Ph(CH > 30\%)}{Vh(CH > 30\%)} g / cm^3$$

Donde:

Ph: Peso húmedo o saturado g.

Vh: Volumen húmedo o saturado cm^3 .

Densidad seca al aire:

$$D_{sa} = \frac{P_{sa}(CH \approx 12\%)}{V_{sa}(CH \approx 12\%)} g / cm^3$$

Donde:

P_{sa} : Peso seco al aire o en equilibrio higroscópico g.

V_{sa} : Volumen seco al aire o en equilibrio higroscópico cm^3 .

Densidad seca al horno:

$$D_{sh} = \frac{P_{sh}(CH \approx 0\%)}{V_{sh}(CH \approx 0\%)} g / cm^3$$

Donde:

P_{sh} : Peso seco al horno g.

V_{sh} : Volumen seco al horno cm^3 .

3.3.5.3. Contracción

Las contracciones tangencial, radial, longitudinal y volumétrica de la madera fueron evaluadas con lo establecido en la norma NTP 251.012. 2015, mediante la utilización de los siguientes formulas:

Contracción tangencial

$$CT (\%) = \frac{D_{ht} (CH > 30\%) - D_{st} (CH \approx 0\%)}{D_{ht} (CH > 30\%)} \times 100$$

Donde:

CT: Contracción tangencial %

$D_{ht} (CH > 30)$: Dimensión tangencial húmedo o saturado con un contenido de humedad mayor al 30%

$D_{st} (CH \approx 0\%)$: Dimensión tangencial seco al horno con un contenido de humedad de aproximadamente 0%

Contracción radial

$$CR (\%) = \frac{Dhr (CH > 30\%) - Dsr (CH \approx 0\%)}{Dhr (CH > 30\%)} \times 100$$

Donde:

CR: Contracción radial %

Dhr (CH>30): Dimensión radial húmedo o saturado con un contenido de humedad mayor al 30%

Dsr (CH ≈ 0%): Dimensión radial seco al horno con un contenido de humedad de aproximadamente 0%

Contracción axial o longitudinal

$$CL (\%) = \frac{Dhl (CH > 30\%) - Dsl (CH \approx 0\%)}{Dhl (CH > 30\%)} \times 100$$

Donde:

CL: Contracción longitudinal %

Dhl (CH>30): Dimensión longitudinal húmedo o saturado con un contenido de humedad mayor al 30%

Dsl (CH ≈ 0%): Dimensión longitudinal seco al horno con un contenido de humedad de aproximadamente 0%.

Contracción volumétrica

$$CV (\%) = \frac{Dhv (CH > 30\%) - Dsv (CH \approx 0\%)}{Dhv (CH > 30\%)} \times 100$$

Donde:

CV: Contracción volumétrica %

Dhv (CH>30): Dimensión volumétrica húmedo o saturado con un contenido de humedad mayor al 30%

Dsv (CH ≈ 0%): Dimensión volumétrica seca al horno con un contenido de humedad de aproximadamente 0%.

Índice de estabilidad dimensional (Relación T/R)

$$Rt / r = \frac{Ct}{Cr}$$

Donde:

T/R: índice de estabilidad dimensional (Relación T/R)

Ct: Contracción tangencial %

Cr: Contracción radial %

3.3.5.4. Coeficiente de contracción

El coeficiente de contracción volumétrica o contracción de la madera por la variación en 1% en el contenido de humedad, se calculó con la siguiente expresión:

$$Ccv.(%) = \frac{V1 - V2}{V2(H1 - H2)} \times 100$$

Donde:

Ccv: Coeficiente de contracción volumétrica (% de contracción de la madera por cada 1% de variación de la humedad de la madera)

V1: Volumen de la probeta con un contenido de humedad (H1) en cm³

V2: Volumen de la probeta con un contenido de humedad (H2) en cm³

H1: Contenido de humedad > 30%

H2: Contenido de humedad seco al aire

3.3.5.5. Punto de saturación de las fibras

El punto de saturación de la fibra se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$PSF(%) = \frac{Cv}{Ccv}$$

Donde:

PSF = Punto de saturación de las fibras

Cv = Contracción volumétrica

Ccv = Coeficiente de contracción volumétrica

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

La técnica de recolección de datos fue la observación directa. Para el talado de los árboles se empleó la técnica conocida a 50 cm del suelo y se utilizó la Ficha de datos de campo del árbol (Anexo 1). Inmediatamente después del talado, se procedió al pintado de los extremos para disminuir la pérdida de agua de las trozas. Después se registró los diámetros de las trozas en la Ficha de campo de las trozas (Anexo 2).

En la obtención de las probetas se empleó el método cruciforme para la preparación de probetas para los ensayos de las propiedades físicas de la madera (figura 2).

3.4.2. Instrumentos

Como instrumentos de recolección de datos se utilizó la estufa semi industrial para el secado, incrementando gradualmente la temperatura cada 24 horas por 3 días, de 40°C, 60°C, 85°C, luego se incremento en 4 días hasta los $\pm 105^{\circ}\text{C}$, la balanza analítica y el calibrador de vernier para pesar y medir las probetas hasta que los pesos y dimensiones se tornen constante, así mismo se utilizó formatos pre establecidos para recolectar los datos de campo y gabinete (Anexo3).

3.5. Procesamiento de recolección de datos

Los datos recolectados fueron subidos en una hoja de cálculo para facilitar su procesamiento y análisis; se ordenaron por fechas de registro, código y niveles (Anexo 4).

3.6. Tratamiento de datos

Para verificar si existen diferencias significativas de las propiedades físicas entre los niveles longitudinales y transversales del fuste, se utilizó la prueba de 2 medias de muestras independientes, cuyas características fueron:

Nivel longitudinal del fuste

- T1: Nivel basal
- T2: Nivel apical
- N° de repeticiones: 70 en nivel basal, 40 en nivel apical

Nivel transversal del fuste

- T1: Sección central
- T2: Sección periférica
- N° de repeticiones: 40 en la sección central, 70 en la sección periférica

N° de unidad experimental: 110 probetas

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA

4.1.1. Contenido de humedad (%)

Tabla 9. Estadísticos del contenido de humedad máximo por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (%)	S (%)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	83,27	7,66	9,19
	Apical	74,25	5,46	7,36
	Promedio	78,76		
Nivel transversal	Central	82,98	11,00	13,25
	Periférico	78,28	5,38	6,87
	Promedio	80,63		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 9 muestra el contenido de humedad máxima promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 83,27% y un CV de 9,19%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 74,25% y un CV de 7,36%. Así mismo se muestra el contenido de humedad máxima promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%) evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 82.98% y CV de 13,25%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 78.28% con un CV de 6,87% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 9 muestra que los parámetros estadísticos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre el contenido de humedad máximo de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. *Prueba de 2 medias de muestras independientes del contenido de humedad máximo de los niveles longitudinales y transversales del fuste.*

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	83,27	74,25	9,02	0,578	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	82,36	78,15	4,70	0,301	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 10 muestra que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presenta diferencia estadística significativa, deduciendo que el contenido de humedad máximo de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor aproximado fue de 78,76 % y 80,63% respectivamente.

La madera de Simarouba amara Aubl. (Marupa) por su contenido de humedad, resulto como una madera húmeda en ambos niveles del

fuste como lo denomina Vizcarra (1998), que la madera que esta dentro del rango de 25% - 80% es una madera húmeda (recién cortada o a la intemperie).

4.1.2. Contenido de humedad en equilibrio higroscópico

Tabla 11. Estadísticos del contenido de humedad en equilibrio higroscópico por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (%)	S (%)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	12,07	0,24	1,97
	Apical	12,17	0,18	1,50
	Promedio	12,12		
Nivel transversal	Central	12,21	0,19	1,56
	Periférico	12,04	0,22	1,83
	Promedio	12,13		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 11 muestra el contenido de humedad en equilibrio higroscópico promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 12,07% y un CV de 1,97%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 12,17% y un CV de 1,50%. Así mismo se muestra el contenido de humedad máxima promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%) evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 12,21% y CV de 1,56%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 12,04% con un CV de 1,83% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa). Estos resultados obtenidos de la humedad en equilibrio higroscópico son porque las probetas se encontraba al interior del laboratorio.

Los datos obtenidos en la tabla 11 muestra que los parámetros estadísticos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre el contenido de humedad en equilibrio higroscópico de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Prueba de 2 medias de muestras independientes del contenido de humedad en equilibrio higroscópico por niveles longitudinales y transversales del fuste.

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	12,07	12,17	-0,1	0,009	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	12,21	12,04	0,17	0,015	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 12 indica que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que el contenido de humedad en equilibrio higroscópico de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 12,12% y 12,13% respectivamente, resultados similares tuvieron Quintana, Cabudivo, Espíritu, & Cabudivo (2011) en *Simarouba amara*, determinando sus valores a partir de la edad de (>15 años).

4.2. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA MADERA

4.2.1. Densidad básica (g/cm³)

Tabla 13. Estadístico de la densidad básica por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (g/cm ³)	S (g/cm ³)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	0,32	0,01	4,46
	Apical	0,34	0,02	5,59
	Promedio	0,33		
Nivel transversal	Central	0,33	0,02	7,09
	Periférico	0,33	0,02	5,62
	Promedio	0,33		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 13 muestra la densidad básica promedio y la desviación estándar en gramo por centímetro cúbico (g/cm³), el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 0,32 g/cm³ y un CV de 4,46%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 0,34 g/cm³ y un CV de 5,59%. Así mismo se muestra la densidad básica promedio en gramo por centímetro cúbico (g/cm³), la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 0,33 g/cm³ y CV de 7,09%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 0,33 g/cm³ con un CV de 5,62% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 13 muestra que los parámetros estadísticos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida

de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias significativas, entre la densidad básica de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la densidad básica de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	0,32	0,34	-0,02	0,158	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	0,33	0,33	0,01	0,040	1,984	N.S

NS: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 14 indica que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que la densidad básica de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 0,33 g/cm³ y 0,33 g/cm³ respectivamente. De igual modo, el resultado coincide con lo encontrado por Vilcayauri (2009) que determinó que no existe diferencia estadística significativa de las maderas provenientes de tres niveles longitudinales.

Con respecto a la clasificación de la madera por su densidad básica los valores que se hallan dentro del rango de 0,31 g/cm³ a 0,40 g/cm³, se clasifica como madera de densidad baja (II), como lo menciona

Vizcarra (1998), así mismo de acuerdo con Quintana, Cabudivo, Espíritu, & Cabudivo (2011), que obtiene que para todas las edades de *Simarouba amara* es una madera de densidad baja.

4.2.2. Densidad saturada (g/cm³)

Tabla 15. Estadísticos de la densidad saturada por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (g/cm ³)	S (g/cm ³)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	0,58	0,04	7,36
	Apical	0,60	0,04	6,95
	Promedio	0,59		
Nivel transversal	Central	0,60	0,05	7,77
	Periférico	0,58	0,04	6,63
	Promedio	0,59		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 15 muestra la densidad saturada promedio y la desviación estándar en gramo por centímetro cúbico (g/cm³), el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 0,58 g/cm³ y un CV de 7,36%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 0,60 g/cm³ y un CV de 6,95%. Así mismo se muestra la densidad saturada promedio en gramo por centímetro cúbico (g/cm³), la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 0,60 g/cm³ y CV de 7,77%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 0,58 g/cm³, con un CV de 6,63% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 15 muestra que los parámetros estadísticos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre la densidad saturada de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la densidad saturada de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	0,58	0,60	-0,02	0,175	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	0,60	0,58	0,02	0,175	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 16 señala que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que la densidad saturada de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 0,59 (g/cm³) y 0,59 (g/cm³) respectivamente.

4.2.3. Densidad en equilibrio (g/cm³)

Tabla 17. Estadísticos de la densidad en equilibrio por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (g/cm ³)	S (g/cm ³)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	0,38	0,02	4,37
	Apical	0,41	0,02	5,30
	Promedio	0,40		
Nivel transversal	Central	0,40	0,03	6,65
	Periférico	0,39	0,02	5,28
	Promedio	0,39		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 17 muestra la densidad en equilibrio promedio y la desviación estándar en gramos por centímetro cúbico (g/cm³), coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 0,38 g/cm³ y un CV de 4,37%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 0,41 g/cm³ y un CV de 5,30%. Así mismo se muestra la densidad en equilibrio promedio en gramo por centímetro cúbico (g/cm³), la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 0,40 g/cm³ y CV de 6,65%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 0,39 g/cm³, con un CV de 5,28% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 17 muestra que los parámetros estadísticos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida

de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre la densidad en equilibrio de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la densidad en equilibrio de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X ₁ Basal (%)	X ₂ Apical (%)	X ₁ -X ₂	T _{obs}	T _{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	0,38	0,41	-0,03	0,392	1,984	N.S
Nivel del fuste	X ₁ Central (%)	X ₂ Periférica (%)	X ₁ -X ₂	T _{obs}	T _{tab}	Significancia
Nivel transversal	0,40	0,39	0,01	0,131	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 18 indica que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que la densidad en equilibrio de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 0,40 g/cm³ y 0,39 g/cm³ respectivamente.

Estos resultados muestran un valor promedio diferente y menor a lo encontrado por Martínez Sánchez & Oyola Colorado (2016), que la madera de *Simaruba amara* Aubl., obtiene un promedio de 0,45 g/cm³ y lo clasifica como densidad en equilibrio bajo según la norma ASTM.

4.2.4. Densidad anhidra (g/cm³)

Tabla 19. Estadístico de la densidad anhidra por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (g/cm ³)	S (g/cm ³)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	0,38	0,02	4,68
	Apical	0,38	0,02	5,56
	Promedio	0,38		
Nivel transversal	Central	0,36	0,03	6,90
	Periférico	0,36	0,03	5,54
	Promedio	0,36		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 19 muestra la densidad anhidra promedio y la desviación estándar en gramo por centímetro cúbico (g/cm³), el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 0,38 g/cm³ y un CV de 4,68%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 0,38 g/cm³ y un CV de 5,56%. Así mismo se muestra la densidad anhidra promedio en gramo por centímetro cúbico (g/cm³), la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 0,36 g/cm³ y CV de 6,90%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 0,36 g/cm³, con un CV de 5,54% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 19 muestra que los parámetros estadísticos para los datos obtenidos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre la densidad anhidra de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la densidad anhidra de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X ₁ Basal (%)	X ₂ Apical (%)	X ₁ -X ₂	T _{obs}	T _{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	0,38	0,38	-0,002	0,029	1,984	N.S
Nivel del fuste	X ₁ Central (%)	X ₂ Periférica (%)	X ₁ -X ₂	T _{obs}	T _{tab}	Significancia
Nivel transversal	0,36	0,36	0,01	0,092	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 20 indica que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que la densidad anhidra de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 0,38 g/cm³ y 0,36 g/cm³ respectivamente.

La madera de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) por su densidad anhidra, resulto como una madera de clasificación liviana en ambos niveles del fuste según el rango de Vignote & Martínez, 2006 citado por Huaynalaya (2018), menciona una clasificación según su densidad anhidra es considerada como una madera liviana ya que está dentro del rango de 0,36 g/cm³ – 0,50 g/cm³.

4.3. DETERMINACION DE LA CONTRACCION DE LA MADERA

4.3.1. Contracción tangencial

Tabla 21. Estadísticos de la contracción tangencial por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (%)	S (%)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	5,86	0,78	13,33
	Apical	5,42	0,95	17,60
	Promedio	5,64		
Nivel transversal	Central	5,47	0,98	17,96
	Periférico	5,83	0,78	13,31
	Promedio	5,65		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 21 muestra la contracción tangencial promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 5,86% y un CV de 13,33%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 5,42% y un CV de 17,60%. Así mismo se muestra la contracción tangencial promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 5,47% y CV de 17,96%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 5,83%, con un CV de 13,31% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 21 muestra que los parámetros estadísticos para los datos obtenidos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre la contracción tangencial de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la contracción tangencial de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	5,86	5,42	0,44	0,393	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	5,47	5,83	-0,36	0,322	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 22 muestra que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que la contracción tangencial de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 5,64% y 5,65% respectivamente.

Vilcayauri, (2009) en su investigación sobre propiedades físico-mecánicas de *Simarouba amara* Aubl. (marupa) proveniente de las plantaciones de la estación Alexander Von Humboldt determino una contracción tangencial en un rango de 4,13% a 5,38% siendo menor al encontrado por esta investigación, debido muchas veces al tipo de suelo y clima en la que se encuentra la madera, como lo afirma Arroyo y Arbildo citado por (Huaynalaya, 2018), que el comportamiento físico de la madera está estrechamente relacionado con las características anatómicas, la composición química de las paredes celulares y la naturaleza y cantidad de extractivos presentes.

4.3.2. Contracción radial

Tabla 23. Estadísticos de la contracción radial por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (%)	S (%)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	3,40	0,86	25,06
	Apical	3,28	0,85	23,69
	Promedio	3,34		
Nivel transversal	Central	3,90	1,10	28,30
	Periférico	3,24	0,56	17,15
	Promedio	3,57		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 23 muestra la contracción radial promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 3,40% y un CV de 25,06%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 3,28% y un CV de 23,69%, difiriendo con lo que menciona Patiño (2002) citado por Vilcayauri (2009), que en las plantaciones de 27 años, encontró que la contracción radial aumenta desde la base del tronco hacia la copa.

Así mismo se muestra la contracción radial promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 3,90% y CV de 28,30%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 3,24%, con un CV de 17,15% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 23 muestra que los parámetros estadísticos para los datos obtenidos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de

la medida de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre la contracción radial de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la contracción radial de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	3,40	3,28	0,12	0,173	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	3,90	3,24	0,66	0,949	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 24 indica que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que la contracción radial de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 3,34 % y 3,57% respectivamente. Este resultado coincide con lo encontrado por Rivera (2014), que no se halló diferencia estadística entre los niveles, pero numéricamente fue superior en el nivel base del fuste, seguido por el nivel medio y ápice de la especie de *Guazuma crinita* Mart. (Bolaina blanca).

Vilcayauri (2009), en su investigación de propiedades físico-mecánicas de *Simarouba amara* encontró que solo existe diferencia significativa en la contracción radial, siendo diferente a lo encontrado

por esta investigación, debiéndose probablemente por las condiciones de suelo, por la edad de la madera y por el clima en la que esta se encuentre.

4.3.3. Contracción longitudinal

Tabla 25. Estadísticos de la contracción longitudinal por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (%)	S (%)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	0,45	0,16	35,87
	Apical	0,36	0,11	31,49
	Promedio	0,40		
Nivel transversal	Central	0,46	0,15	31,65
	Periférico	0,39	0,15	37,56
	Promedio	0,43		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 25 muestra la contracción longitudinal promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 0,45% y un CV de 35,87%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 0,36% y un CV de 31,49%. Así mismo se muestra la contracción longitudinal promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 0,46% y CV de 31,64%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 0,39%, con un CV de 37,56% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre la contracción longitudinal de niveles

longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 26.

Tabla 26. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la contracción longitudinal de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	0,45	0,36	0,09	1,052	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	0,46	0,39	0,07	0,818	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 26 indica que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que la contracción longitudinal de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 0,40 % y 0,43% respectivamente.

4.3.4. Contracción volumétrica

Tabla 27. Estadísticos de la contracción volumétrica por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (%)	S (%)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	9,46	1,07	11,30
	Apical	9,18	1,00	10,93
	Promedio	9,32		
Nivel transversal	Central	9,58	1,24	12,95
	Periférico	9,23	0,91	9,85
	Promedio	9,41		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 27 muestra la contracción volumétrica promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 9,46% y un CV de 11,30%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 9,18% y un CV de 10,93%. Así mismo se muestra la contracción volumétrica promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 9,58% y CV de 12,95%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 9,23%, con un CV de 9,85% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 27 muestra que los parámetros estadísticos para los datos obtenidos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre la contracción volumétrica de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 28.

Tabla 28. Prueba de 2 medias de muestras independientes de la contracción volumétrica de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	9,46	9,18	0,28	0,153	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	9,58	9,23	0,35	0,192	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 28 muestra que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que la contracción longitudinal de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 9,32 % y 9,41% respectivamente.

La madera de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) por su contracción volumétrica, resultó como una madera de baja contracción volumétrica en ambos niveles del fuste según la clasificación de Santiago et al., (2013) para la contracción volumétrica, la madera recibe la calificación de madera de baja contracción, ya que está dentro del rango de 7,1 – 10 % y de grado II. Así como lo menciona (Quintana et al., 2011), de acuerdo con la investigación, la contracción volumétrica (%) para *S. amara* (Marupa) de todas las edades es de calidad Baja (II) de 7,93% a 9,07%.

En la investigación sobre propiedades físico-mecánicas de *Simarouba amara* Aubl. (marupa) proveniente de las plantaciones de la estación Alexander Von Humboldt determinó una contracción volumétrica en un rango de 6,76% a 7,99% siendo menor al encontrado por esta investigación (Vilcayauri, 2009).

4.4. DETERMINACION DEL INDICE DE ESTABILIDAD DIMENSIONAL (RELACIÓN T/R) DE LA MADERA

Tabla 29. Estadísticos del índice de estabilidad dimensional (relación T/R) por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (%)	S (%)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	1,81	0,44	24,19
	Apical	1,61	0,61	37,84
	Promedio	1,71		
Nivel transversal	Central	1,55	0,68	43,67
	Periférico	1,85	0,35	19,17
	Promedio	1,70		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 29 muestra el índice de estabilidad dimensional (relación T/R) promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 1,81% y un CV de 24,19%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 1,61% y un CV de 37,84%. Así mismo se muestra el índice de estabilidad dimensional (relación T/R) promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 1,55% y CV de 43,67%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 1,85%, con un CV de 19,17% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre el índice de estabilidad dimensional (relación T/R) de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 30.

Tabla 30. Prueba de 2 medias de muestras independientes del índice de estabilidad dimensional (relación T/R) de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	1,81	1,61	0,2	0,569	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	1,55	1,85	-0,3	0,853	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 30 muestra que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que el índice de estabilidad dimensional (relación T/R) de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 1,71 % y 1,70% respectivamente.

La madera de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) por el índice de estabilidad dimensional (relación T/R), resultó como una madera estable en ambos niveles del fuste, empleando la clasificación de Santiago et al., (2013) para el índice de estabilidad dimensional o la relación T/R, la madera es clasificada como estable (E), encontrándose dentro del rango de 1,50 a 2,50 y de grado II.

A diferencia del estudio realizado por Quintana et al, (2011), determino que la Anisotropía (T/R) (%) para *S. amara* (Marupa) de todas las edades es de calidad Muy Estable (I), de 1,21% a 1,32%.

4.5. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN DE LA MADERA

Tabla 31. Estadísticos del coeficiente de contracción volumétrica por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (% CV/1%de disminución CH)	S (% CV/1%de disminución CH)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	0,45	0,06	12,88
	Apical	0,44	0,10	22,51
	Promedio	0,44		
Nivel transversal	Central	0,44	0,06	13,19
	Periférico	0,45	0,08	18,46
	Promedio	0,44		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 31 muestra el coeficiente de contracción volumétrica promedio y la desviación estándar expresado en porcentajes de contracción volumétrica por cada 1 % de disminución del CH), el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 0,45% y un CV de 12,88%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 0,44% y un CV de 22,51%. Así mismo se muestra el coeficiente de contracción volumétrica promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 0,44% y CV de 13,19%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 0,45%, con un CV de 18,46% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 31 muestra que los parámetros estadísticos para los datos obtenidos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida de

dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre el coeficiente de contracción volumétrica de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 32.

Tabla 32. Prueba de 2 medias de muestras independientes del coeficiente de contracción volumétrica de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X ₁	X ₂	X ₁ -X ₂	T _{obs}	T _{tab}	Significancia
	Basal (% CV/1%de disminución CH)	Apical (% CV/1%de disminución CH)				
Nivel longitudinal	0,45	0,44	0,01	0,130	1,984	N.S
Nivel del fuste	X ₁	X ₂	X ₁ -X ₂	T _{obs}	T _{tab}	Significancia
	Central (% CV/1%de disminución CH)	Apical (% CV/1%de disminución CH)				
Nivel transversal	0,44	0,45	-0,01	0,167	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 32 indica que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que el coeficiente de contracción volumétrica de la madera es similar tanto a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 0,44% CV/1% de disminución (CH) en ambos casos.

La madera de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) por el coeficiente de contracción volumétrica, resulto como una madera estable para uso en carpintería y mueble en ambos niveles del fuste, según la clasificación de

Vignote & Martínez (2006), con respecto al coeficiente de contracción volumétrica, la madera es clasificada como estable, encontrándose dentro del rango de 0,35% a 0,45% y considerando la madera para uso en carpintería y mueble.

Así también los usos posibles que se recomiendan para esta son: carpintería de obra y construcciones livianas. Otros usos posibles son para cerillas, juguetes, etc., (Martínez Sánchez & Oyola Colorado, 2016).

Según Aróstegui citado por (Vilcayauri, 2009), menciona que esta madera se puede utilizar en obras de carpintería, muebles ordinarios, cajonería, laminado, lápices, palitos de chupetes, entre otros.

4.6. DETERMINACION DEL PUNTO DE SATURACION DE LAS FIBRAS

Tabla 33. Estadísticos del punto de saturación de las fibras por niveles longitudinales y transversales del fuste

Niveles del fuste	Nivel	Media (%)	S (%)	CV (%)
Nivel longitudinal	Basal	21,27	1,99	9,35
	Apical	21,57	3,95	18,31
	Promedio	21,42		
Nivel transversal	Central	22,11	2,34	10,58
	Periférico	20,96	3,04	14,48
	Promedio	21,54		

S: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La tabla 33 muestra el punto de saturación de las fibras promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles longitudinales del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), resultando la madera del nivel basal con promedio de 21,27% y un CV de 9,35%; entre tanto en el nivel apical se encontró un promedio de 21,57% y un CV de 18,31%. Así mismo se muestra el punto de saturación de las fibras promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentajes (%), evaluados en dos niveles transversales del fuste, resultando la madera del nivel central con un promedio de 22,11% y CV de 10,58%, mientras que en el nivel periférico se encontró un promedio de 20,96%, con un CV de 14,48% del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa).

Los datos obtenidos en la tabla 33 muestra que los parámetros estadísticos para los datos obtenidos se encuentran dentro los valores que hacen representativos los promedios, ya que todos los valores de la medida de dispersión relativa (coeficiente de variación) se encuentran por debajo del 30%.

Con la finalidad de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, entre el punto de saturación de las fibras de niveles longitudinales y entre los niveles transversales del fuste, se realizaron la prueba de comparación de 2 medias de muestras independientes, cuyo resumen se muestra en la tabla 34.

Tabla 34. Prueba de 2 medias de muestras independientes del punto de saturación de las fibras de los niveles longitudinales y transversales del fuste

Nivel del fuste	X₁ Basal (%)	X₂ Apical (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel longitudinal	21,27	21,57	-0,3	0,045	1,984	N.S
Nivel del fuste	X₁ Central (%)	X₂ Periférica (%)	 X₁-X₂ 	T_{obs}	T_{tab}	Significancia
Nivel transversal	22,11	20,96	1,15	0,171	1,984	N.S

N.S: No existe diferencia estadística significativa.

La tabla 34 muestra que el nivel longitudinal y el nivel transversal de la especie no presentan diferencia estadística significativa, deduciendo que el punto de saturación de las fibras de la madera es similar a lo largo y ancho del fuste, cuyo valor fue de 21,42 % y 21,54% respectivamente.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. El contenido de humedad máximo en promedio de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) fue de 78.76 %, en cuanto a los niveles longitudinal, la base presentó mayor contenido de humedad (83,27 %) seguido por el ápice (74,25 %), con respecto a los niveles transversales, la sección central presento mayor humedad (82.98%) disminuyendo hacia la sección periférica.
2. El contenido de humedad de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) en equilibrio higroscópico del aire en ambiente cerrado fue de 12,12%, en cuanto a los niveles longitudinal, la base presentó menor contenido de humedad (12,07 %) seguido por el ápice (12,17 %), con respecto a los niveles transversales, la sección periférica presento menor contenido de humedad (12,04%) seguido por sección central (12,21%). No existiendo diferencias significativas en el CH en equilibrio higroscópico por niveles longitudinales y transversales.
3. Las densidades: básica, saturada, en equilibrio y anhidra, de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) fueron (0,33; 0,59; 0,40 y 0,38 gr/cm³ respectivamente), considerando a la madera como de densidad baja. En cuanto a la variación de la densidad por niveles longitudinales y transversales de fuste, se presentó mayor valor en el nivel ápice y nivel central respectivamente.
4. Las contracciones: tangencial, radial y longitudinal de la madera de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) no difieren significativamente en los niveles longitudinales y transversales del fuste. La contracción volumétrica de la madera dio un valor de 9,32%, considerando a la madera de baja contracción.

5. La relación T/R o índice de estabilidad dimensional de la madera de *Simarouba amara* Aubl., no difiere significativamente entre los niveles cuyos promedios fueron: el nivel longitudinal (1,71 %) y el nivel transversal (1,70 %). La madera de esta especie clasifica como estable y no presenta ninguna diferencia estadística significativa.
6. El coeficiente de contracción volumétrica de la madera de *Simarouba amara* Aubl., no difieren significativamente entre los niveles cuyos promedios fueron: nivel longitudinal (0,44 %), nivel transversal (0,44 %), clasificando a la madera estable en ambos niveles del fuste. Asimismo, no presentaron ninguna diferencia estadística significativa.
7. El punto de saturación de las fibras (PSF) de la especie forestal de *Simarouba amara* Aubl., difieren significativamente entre los niveles cuyos promedios fueron: nivel longitudinal (21,42 %), nivel transversal (21,54 %). En cuanto a la variación del punto de saturación de las fibras de la madera por niveles no presentaron ninguna diferencia estadística significativa en la especie.

5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios con madera de *Simarouba amara* Aubl., de plantaciones de diferentes edades, con el fin de comparar el comportamiento de las propiedades físicas entre plantaciones maduras y jóvenes.
- Realizar estudios en otras especies, con el fin de conocer las propiedades que poseen y realizar un manejo productivo rentable para el uso tecnológico.
- Difundir todos los estudios, para dar conocimiento de maderas de nuestra Amazonia; así evitar la extracción de especies que están posicionados en el mercado.
- Revisar que el calibrador y la balanza analítica se encuentre en óptimas condiciones para la obtención de resultados precisos y ejecutar con los mismos instrumentos de inicio a final.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, Y. (2014). *Determinación de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de Senefeldera inclinata. Mart (Huangana caspi) procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María.*
- Angulo, W. (2015). *Anexo Experimental Alexander Von Humboldt - Marupa. Pucallpa.* Obtenido de Repositorio- INIA: <http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/223/1/PP130-Marupa.pdf>
- Arostegui, Y. (1982). *Recopilación y Análisis de Estudios Tecnológicos de maderas Peruanas. Documento de trabajo N° 2. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002.* Lima, Perú.
- Díaz, P. (2005). *Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de madera de Nothofagus glauca (Halo) proveniente de la zona de Cauquenes.* Universidad de Talca , Talca - Chile.
- FAO. (2010). *Información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderables de Bolivia.* La paz.
- Fuentes, M. (2000). Estimación del Punto de Saturación de las Fibras (PSF) de las maderas. *Revista Chapingo Serie Ciencia Forestales y del Ambiente 6(1);, Vol 6(N° 1), Pg: 79-81.*
- Gonzales et al. (2013). Determinación de las propiedades físicas y organolépticas de la madera de Clarisia recemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste), a diferentes niveles del fuste del árbol proveniente del centro de investigación y capacitación forestal - Macuya. *Revista Forestal de Ucayali, 8(1), 141-163.*
- Huaynalaya, F. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas de la madera de tres especies forestales y su variación por niveles longitudinales del fuste, provenientes de la cuenca del río Utuquinia - Provincia Coronel Portillo - Región Ucayali.* Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4046>
- Liclan, L. (2012). *Potencial maderable de especies comerciales de la parcela de corta anual 5 de la concesión forestal N° 16-IQU/C-J-175-04, cuenca del río Maniti, Loreto, Perú, 2011.* Iquitos - Perú.

- Lozano et al. (2015). *Descripción anatómica y no anatómica de la madera de cuatro especies procedentes del Bajo Calima, Buenaventura*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Forestal, Ibagué - Tolima.
- Martínez Sánchez, P. J., & Oyola Colorado, J. A. (2016). *Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la especie Simarouba amara Aubl procedente del Bajo Calima, Buenaventura*. Ibagué-Tolima: Ibagué : Universidad del Tolima, 2016.
- Mejía et al. (2015). *Actores, aprovechamiento de madera y mercados en la Amazonía peruana. Documentos Ocasionales 145. CICFOR*. Bogor, Indonesia.
- Meza, B. (2016). *Características anatómicas y físicas de Inga acreana harms en la zona de Satipo - Perú*. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3991>
- Mostacero et al. (2002). *Taxonomía de las Fanerógamas Útiles del Perú*. (Vol. II). Trujillo, Perú: Ed. Normas Legales.
- NORMA ISO 4471. (1982). *ESQUEMA DE TROZADO DEL FUSTE*.
- NTP, N. T. (251.001.2003). *Terminología INDECOPI*. 17.
- Oshiro, M. (2016). *Ficha estándar de familia del catálogo de bienes, servicios y obras del MEF. Ficha estándar N° 108. Familia 20720030 Madera Marupa*. Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Economía y Finanzas – Catalogación , Lima.
- Quintana, S., Cabudivo, A., Espíritu, J., & Cabudivo, J. (2011). *Propiedades físico-mecánicas de las maderas de Simarouba amara (Aubl.) y Cedrelinga cateniformis (Ducke) de plantaciones de diferentes edades, San Juan Bautista, Loreto, Perú*. 2(2), 115-123.
- Quispe, A. (2016). *Evaluación de las propiedades físicas de Zanthoxylum riedelianum Engl (Hualaja) a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste, provenientes de la zona de Tournavista – Huánuco*. Yarinacocha - Perú.

- Rivera, J. (2014). *Variación del contenido de humedad y cambio dimensional en diferentes alturas del fuste de bolaina blanca (Guazuma crinita Mart.) en la zona Tingo María*. Tingo María.
- Salvador, M. (2010). PROTOCOLO DE CAMPO PARA LA SELECCIÓN Y COLECCIÓN DE MUESTRAS PARA LA CARACTERIZACION ANATOMICA Y DE PROPIEDADES FISICAS, MECÁNICAS, QUIMICAS Y TECNOLOGICAS DE LA MADERA. *PROYECTO PD 512/08 Rev. 2(I) "Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales"*.
- Santiago et al. (2012). *Diagnóstico de la industria de primera y segunda transformación y de la cadena productiva en Pucallpa*. AIDER. Perú.
- Santiago et al. (2013). *Manual de Transformacion de la Madera*. Pucallpa.
- SECF. (2017). *Sociedad Española de Ciencias Forestales*.
- Spavento et al. (2008). *Propiedades físicas de la Madera. Curso de Xilotecología*.
- Torres, P. (2009). *Determinación de las propiedades físicas a tres niveles del fuste del "cetico" Cecropia aciadophylla mart. en el bosque reservado de la Universidad Nacional de Agraria de la Selva*. Tingo María.
- Valderrama, H. (2002). *Inventario Florístico de los árboles existentes en 10 parcelas del Arboretum El Huayo. Documento Técnico. Componente 3. Resultado 4 del Proyecto BIODAMAZ*. Iquitos - Perú.
- Vignote, S., & Martínez, I. (2006). *Tecnología de la madera 3ra Edición*. Madrid - Barcelona - México: Mundi-Prensa Libros.
- Vilcayauri, E. (2009). *Propiedades físico - mecánicas de Simarouba amara Aubl. (Marupa) proveniente de las plantaciones de la estación Alexander Von Humboldt*. Tesis para optar el título de ingeniero forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina , Lima - Perú.
- Vizcarra, S. (1998). *Guía para el secado de la madera aserrada*. Bolivia: Chemonics International.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de campo del árbol

FICHA 01

DATOS DE CAMPO DEL ARBOL

1.1. IDENTIFICACION

Fecha de selecciónNº de árbol

Nombre común.....

Identificado por.....

Nombre científico.....

Identificado por.....

Fecha de la toma de las muestras botánicas.....

Hojas Ramitas Corteza Flores Frutos

Otros detalles

1.2. UBICACIÓN

Distrito..... Zona.....

Referencia del mapa..... Carretera.....

Registrada en croquis..... Pueblo más cercano.....

Otros detalles

1.3 DESCRIPCIÓN

Clase: Dominante Intermedia

D.A.P.....cms. Altura total.....m. Altura comercial..... m.

Copa y follaje: Grande Mediana Pequeña

Tipo de bosque:

Forma del tronco: Aletones Recto Torcido

Cilíndrico Excéntrico

Tipo de corteza: Externa: Color..... Superficie.....

Espesor.....cms. Espinosa.....

Interna: Color..... Olpr..... Sabor.....

Exudaciones: Laca Resina

Goma Colorante

Otros detalles

Firma de la persona responsable-----

Norma COPANT 458

Anexo 2. Ficha de campo de las trozas

FICHA 02

DATOS DE CAMPO DE LA TROZA

2.1 IDENTIFICACION

Fecha de tumbado.....

Nº de árbol
Nº de troza

2.2 MEDICIÓN

Diámetro extremo mayor.....

A- d.1..... cm
d.2..... cm

Diámetro extremo menor.....

A- d.1..... cm
d.2..... cm

NOTA: d.1 = diámetro mayor
d.2 = diámetro menor

2.3 DESCRIPCIÓN

Medula: Céntrica Excéntrica

Sanidad: Sana Hueca Pudrición

Comejenes Grietas después del tumbado

Otros.....

Albura: Se distingue del duramen

Color..... Espesor..... cm.

Hay cambio después del corte?

Que cambios?

Duramen: Forma regular o irregular

Color..... Diámetro..... Cm.

2.4 MANEJO

Tratamiento profiláctico: Insecticida Fungicida

Extremo pintado

Condición de la corteza: Integra Dañada

Fecha de transporte: Al aserradero.....

Al laboratorio.....

Firma del responsable:

Anexo 3. Formato de medición de las probetas

PROPIEDADES FISICAS

ESPECIE: *Simarouba amara* Aubl

NOMBRE VULGAR: MARUPA

PROCEDENCIA: INIA - Pucallpa CFB Km. 4.200

EJECUTOR(A): Fasanando Gonzales Kori

Nº	Medición N°					
	FECHA					
	Probeta	Peso	Largo	Radial	Tangencial	Volumen
1	1AN1-1					
2	1AN1-2					
3	1AN2-1					
4	1AN2-2					
5	1AN3-1					
6	1AN3-2					
7	1AN4-1					
8	1AN4-2					
9	1A51-1					
10	1A51-2					
11	1A52-1					
12	1A52-2					
13	1A53-1					
14	1A53-2					
15	1A54-1					
16	1A54-1					
17	1BN1-1					
18	1BN1-2					
19	1BN2-1					
20	1BN2-2					
21	1BN3-1					
22	1BN3-2					
23	1BN4-1					
24	1BN4-2					
25	1BN5-1					
26	1BN5-2					
27	1B51-1					
28	1B51-2					
29	1B52-1					
30	1B52-2					
31	1B53-1					
32	1B53-2					
33	1B54-1					
34	1B54-2					
35	1B55-1					

Anexo 5. Figuras del proceso de recolección de datos



Figura 3. Codificación de las rodajas de *S. amara* Aubl.



Figura 4. Marcado de las rodajas de *S. amara* Aubl



Figura 5. Preparación de las probetas para la evaluación en la sierra cinta.



Figura 6. Nivelación a la medida necesaria para las probetas en la garlopa.



Figura 7. Preparación de las probetas en la sierra disco.



Figura 8. Obtención de las probetas de *S. amara* Aubl.



Figura 9. Codificación de las probetas de *S. amara* Aubl.



Figura 10. Evaluación de las probetas de *S. amara* Aubl.