UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

"VARIACIÓN RADIAL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE *Hymenaea courbaril* L., EN EL CONSOLIDADO MADERACRE – TAHUAMANU"

TESIS, PRESENTADA POR:
Bachiller: ALDERETE VILLARROEL, Pedro Raúl.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE.

ASESOR: Ing. VELA DA FONSECA, Mauro.

CO-ASESOR: M.Sc. PORTAL CAHUANA, Leif Armando.

PUERTO MALDONADO, 2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

"VARIACIÓN RADIAL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE *Hymenaea courbaril* L., EN EL CONSOLIDADO MADERACRE – TAHUAMANU"

TESIS, PRESENTADA POR:
Bachiller: ALDERETE VILLARROEL, Pedro Raúl.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE.

ASESOR: Ing. VELA DA FONSECA, Mauro.

CO-ASESOR: M.Sc. PORTAL CAHUANA, Leif Armando.

PUERTO MALDONADO, 2018.

Dedicatoria

Este trabajo de tesis la dedico con mucho cariño a mi madre por darme la vida, por su apoyo y sacrificio, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor brindado.

A mi señora y compañera de toda la vida por su apoyo incondicional, amor, cariño y comprensión para salir adelante.

A mi amada hijita por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

También va dedicado a mis hermanos que de una y otra manera pudieron apoyarme y brindarme sus palabras de aliento para no decaer en mis metas y objetivos trazados.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante el tiempo de estudio en la universidad, estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Pedro Raúl Alderete Villarroel

Agradecimiento

Escribo estos mensajes de agradecimiento por la finalización de mi trabajo de tesis ya que ha sido un periodo de aprendizaje tanto en la redacción, experimentación y como también un gran impacto a nivel personal, es por eso que me gustaría agradecer a todas aquellas personas que me han ayudado y apoyado durante este proceso.

Agradecer a Dios por darme salud y vida ya que sin fe y esperanza no hubiera podido ver realizada mis metas.

A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, “UNAMAD”, Facultad de Ingeniería por entregarme una acertada formación académica para mi vida profesional.

Al Ing. Mauro Vela da Fonseca, como mi asesor, quien me brindo todo su apoyo en el asesoramiento de la presente tesis desde un inicio hasta la revisión y presentación del informe final.

Al Ing. M.Sc. Leif Armando Portal Cahuana, que como mi Co asesor me brindo toda su confianza, tiempo y apoyo en el asesoramiento de la presente tesis desde un inicio hasta la revisión y presentación del informe final.

A los miembros del jurado de tesis: Dr. Emer Ronald Rosales Solórzano, al Dr. Gabriel Alarcón Aguirre, M.Sc. Telesforo Vásquez Zavaleta, M.Sc. Elías Gutiérrez Paredes, y al Ing. Edgar Rafael Julián Laime por la colaboración y orientación oportuna y pertinente durante la revisión, corrección y presentación de la presente investigación.

A mis compañeros de estudio que de una y otra manera me brindaron su apoyo certero en los trabajos de campo y de laboratorio para el desarrollo de la presente investigación.

También me gustaría agradecer a mi familia, esposa e hija, padres y Hermanos por sus sabios consejos y su comprensión.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de estudio. No solo hemos estado ahí para apoyarnos entre nosotros en los momentos difíciles, sino que compartimos momentos alegres y amenos en nuestra época universitaria.

Presentación

En la presente tesis de grado de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, se realizó una investigación para determinar la variación radial de las propiedades físicas de la madera de *Hymenaea courbaril* L., de los bosques naturales del consolidado Maderacre - Tahuamanu.

Dicha información en el país actualmente es escaso o inexistente, no solo para la especie en estudio, sino para todas las especies forestales comerciales del Perú; lo que se convierte en un vacío de información científica para el mejor procesamiento de esta madera, y donde las universidades en su función de generar investigación científica que busque apoyar y fortalecer el conocimiento tecnológico y con ellos el manejo forestal. Por este motivo se plantea este tema de investigación.

Resumen

La investigación tuvo por **objetivo** determinar la variación radial de las propiedades físicas de la madera de *Hymenaea courbaril* L. (azúcar huayo) de los bosques naturales del consolidado Maderacre - Tahuamanu. El **problema** identificado fue determinar si existe dicha variación radial significativa. Para la **metodología** se utilizó un diseño no experimental-descriptivo, la muestra de estudio consistió en 10 árboles seleccionados aleatoriamente en función de la Norma Técnica Peruana-NTP (INACAL 2016) de un población de 1195 árboles aprovechables y semilleros de azúcar huayo, parcela de corta N° 15 del Consolidado Maderacre, las etapas de la investigación fueron, fueron 3: i. Selección de rodajas y obtención de probetas en el patio de acopio del consolidado MADERACRE, ii. Determinación de las propiedades físicas de la muestra en el laboratorio de anatomía de la madera de la UNAMAD, y iii. Procesamiento de los resultados. Los **resultados** fueron procesados mediante un análisis de varianza-ANOVA y test de Tukey $(\propto = 0{,}05)$ que determinaron la variación de las propiedades físicas en tres posiciones radiales: posición 1 (Cerca a la médula) posición 2 (Intermedia) y posición 3 (cerca a la corteza) resultando ser para las variables de contenido de humedad, densidad (básica, anhidra y normal) y contracción (radial, tangencial, longitudinal y volumétrica) estadísticamente diferentes en los todos los casos; no obstante para el caso de índice de estabilidad, no se encontró evidencia estadística significativa para afirmar que hay diferencia en las tres posiciones radiales, por tanto en el caso de esta última propiedad los valores resultaron ser estadísticamente iguales.

Palabras Claves: Hymenaea courbaril L., azúcar huayo, contenido de humedad, densidad, contracción, índice de estabilidad.

Abstract

The objective of the research was to determine the radial variation of the physical properties of the wood of Hymenaea courbaril L. (sugar huayo) from the natural forests of the consolidated Maderacre - Tahuamanu. The problem identified was to determine if there is such significant radial variation. For the methodology a non-experimental-descriptive design was used, the study sample consisted of 10 randomly selected trees according to the Peruvian Technical Standard-NTP (INACAL 2016) of a population of 1195 harvestable trees and huayo sugar seedlings, plot of short No. 15 of Consolidated Maderacre, the stages of the investigation were, were 3: i. Selection of slices and obtaining test pieces in the collection yard of the consolidated MADERACRE, ii. Determination of the physical properties of the sample in the wood anatomy laboratory of UNAMAD, and iii. Processing of results The results were processed by means of an analysis of variance-ANOVA and Tukey test ($\alpha = 0.05$) that determined the variation of the physical properties in three radial positions: position 1 (close to the cord) position 2 (intermediate) and position 3 (close to the crust) resulting to be for the variables of moisture content, density (basic, anhydrous and normal) and contraction (radial, tangential, longitudinal and volumetric) statistically different in all cases; However, in the case of the stability index, no significant statistical evidence was found to affirm that there is a difference in the three radial positions, so in the case of this last property the values were statistically equal.

Key Words: Hymenaea courbaril L., azúcar huayo, moisture content, density, shrinkage, stability index.

Introducción

La mega diversidad de flora del Perú y de la región Madre de Dios, hace que se cuente con muchas especies con actitud forestal; sin embargo, conocemos hasta la actualidad muy poco sobre las informaciones tecnológicas de nuestras especies maderables, siendo además de conocimiento que este reducido número de especies forestales que utiliza la industria de transformación de la madera es causado en parte por la poca importancia que se ha venido brindando a estudios de investigación para conocer las características tecnológicas de nuevas especies, que podrían sustituir a las tradicionales, las mismas que por su excesiva tala se encuentran en peligro de extinción (Baluarte y Arostegui 1991). Por otro lado, la extracción selectiva de maderas está ocasionando escasez de materia prima valiosa y carestía de productos derivados, quedando cada vez más fuera del alcance de los usuarios de bajos recursos económicos, es por ello que en el trabajo titulado "Usos probables de las maderas de 20 especies del departamento de Loreto" desarrollado en el año 1991, por el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP con el apoyo de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (Iquitos), el Centro Forestal XII (Pucallpa) e Instituto Nacional de Pesquisas de la Amazonia (Manaus - Brasil), se reportaron los usos probables de las maderas de veinte especies forestales de las zonas de Colonia Angamos y Jenaro Herrera (Loreto), determinados por una metodología basada en las características generales y ensayos físico mecánicos de estas especies; sin embargo, no reportaron información correspondiente a la especie *Hymenaea Courbaril* L. (azúcar huayo) de especial interés para la presente investigación.

Uno de los pocos estudios encontrados sobre la especie maderable azúcar huayo, fue efectuado por el investigador (Estacio 2008) quien realizó en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, un estudio sobre las propiedades físicas de esta especie en cuestión (Contenido de Humedad y Densidad Básica) y mecánicas (Módulo de Elasticidad de Young) para dicho fin utilizó probetas (40 unidades) y vigas a escala natural (30 unidades) de acuerdo a las normas nacionales vigentes, los ensayos fueron realizados en su totalidad

en el Laboratorio de Ensayo de Materiales, de la facultad de Ingeniería Civil se de la Universidad Nacional de Ingeniería, dicho investigador encontró que el Contenido de Humedad promedio de las probetas ensayadas fue de 23,32 % y en las vigas a escala natural ensayadas es de 23,4 %, también encontró La densidad básica promedio en probetas fue de 0,74 y de las vigas a escala natural fue de 0,75 lo cual es clasificado como "Alta" por la N.T.E. E-101 /ININVI, asimismo determinó una carga máxima para probetas y vigas de 1 580 kg y 1 360 kg respectivamente.

La especie forestal azúcar huayo - *Hymenaea Courbaril* L. se clasifica en el grupo estructural "A" de maderas para uso estructural, aplicando la N.T.E. E-101 para "Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural" también presenta propiedades mecánicas altas, buena durabilidad natural, es dura y pesada, el duramen tiene absorción moderada a impenetrable durante la preservación, la albura es fácilmente penetrable, en conclusión es de regular preservación según (Estacio 2008).

Es por eso que resulta ser necesario profundizar los estudios e investigaciones en tecnología forestal de nuevas especies, que cuenten entre otros aspectos con buena densidad poblacional, por ello, con la finalidad de incrementar el conocimiento de las especies ya conocidas tecnológicamente e importantes para el proceso de transformación segundaria de las maderas; como por ejemplo el caso de Brasil que investiga las especies de Eucaliptos en diferentes áreas de la tecnología de la madera, esto ha conllevado al Brasil a utilizar ampliamente varias especies del género Eucaliptos en diversos usos como pulpa y papel, cercos, laminados, madera, etc. Es en este contexto que en la presente investigación se abordó el estudio de la variación radial de las propiedades de la madera de *Hymenaea courbaril* L., proveniente del consolidado Madreracre – Tahuamanu – Madre de dios, con la finalidad de contribuir a la información tecnológica de esta especie forestal importante en la industria forestal del país.

Índice

Dedicatoria i
Agradecimiento ii
Presentación iii
Resumen iv
Abstract v
Introducción vi
Índice viii
Índice de figuras xi
Índice de tablas xiii
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
1.1 Descripción del problema 1
1.2 Formulación del problema 2
1.2.1 Problema general 2
1.2.2 Problemas específicos 2
1.3 Objetivos 2
1.3.1 Objetivo general 2
1.3.2 Objetivos específicos 2
1.4 Variables 3
1.4.1 Variables Dependientes 3
1.4.2 Variables independientes 4
1.5 Operacionalización de variables 4
1.6 Hipótesis 5
1.6.1 Hipótesis Alternativa 5
1.6.2 Hipótesis Nula 5
1.7 Justificación 5
1.8 Consideraciones éticas 6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 8
2.1 Antecedentes de estudio 8
2.2 Marco teórico 9
2.2.1 Descripciones taxonómicas de la especie a estudiar 9
2.2.2 Características anatómicas 10
2.2.3 Información general 12
2.3 Definición de términos 14
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 17

3.1 Tipo de estudio 17
3.2 Diseño del estudio 17
3.3 Ubicación de la zona de estudio 18
3.4 Población y muestra 19
3.4.1 Población 19
3.3.2 Muestra 19
3.5 Métodos y técnicas 20
3.5.1 Selección de rodajas y obtención de probetas 21
3.5.2 Determinación de las propiedades físicas de la muestra 23
3.6 Tratamiento de los datos 30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN 31
4.1 Variación radial del contenido de humedad 31
4.2 Variación radial de la densidad 34
4.2.1 Variación radial de la densidad básica 34
4.2.2 Variación radial de la densidad normal 37
4.2.3 Variación radial de la densidad anhidra 38
4.3 Variación radial de la contracción 41
4.3.1 Variación radial de la contracción radial 41
4.3.2 Variación radial de la contracción tangencial 43
4.3.3 Variación radial de la contracción longitudinal 45
4.3.4 Variación radial de la contracción volumétrica 47
4.4 Variación radial del índice de estabilidad 50
4.5 Prueba de hipótesis de la investigación 52
CONCLUSIONES 54
SUGERENCIAS 56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 57
Anexo I: Relación de códigos de trozas para 34 árboles de donde se extrajeron 10 rodajas de la especie azúcar huayo. 62
Anexo II: Relación de códigos de trozas para 10 árboles seleccionados de la especie azúcar huayo de donde se extrajeron las rodajas utilizadas en la investigación. 63
Anexo III: Propiedades físicas determinadas en rodajas de 10 árboles de la especie *hymenaea courbaril* L. (azúcar huayo) utilizados en la investigación 64
Anexo IV: Base de datos de peso de probetas (gramos) a diferentes temperaturas (°C) obtenidos en laboratorio 67
Anexo V: Datos de volumen inicial y final (cm^3) de probetas, obtenidos en laboratorio. 73

Anexo VI: Datos de dimensión micrométrica inicial y final (cm^3) de probetas, obtenidos en laboratorio. 75
Anexo VII: Matriz de consistencia 80
Anexo VIII: Constancia de identificación botánica 81
Anexo IX: Certificado de identificación de madera 82
Anexo X: Panel fotográfico de etapas de la investigación 83

Índice de figuras

Figura 1. Imágenes macroscópicas de las diferentes secciones de la especie *Hymenaea courbaril* L. 11
Figura 2. Determinación del volumen por pesaje antes y después de la inmersión de la muestra (A), y por diferencia en el nivel de agua (lectura del cilindro antes y después de la inmersión (B). 13
Figura 3. Variación radial y longitudinal de la densidad en Álamo amarillo..... 14
Figura 4. Esquema del diseño experimental 18
Figura 5. Ubicación de la zona de estudio de la "Variación radial de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L.*,* en el Consolidado Maderacre – Tahuamanu" 19
Figura 6. Diseño de la obtención y distribución de las probetas para el estudio de la "Variación radial de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L.*,* en el Consolidado 21
Figura 7. Fase de Carpintería: A) Rodajas seleccionadas. B) Distribución del radio. C) Marcado de las probetas. D) Aserrado del radio. E) Codificaciones de cada muestra. F) Obtención y medición de probetas. G) Saturación en agua fría de las probetas. 23
Figura 8. Fase de Laboratorio: **A)** Obtención del peso inicial**. B)** Obtención del volumen por el método de inmersión. **C)** Secado en estufa de las probetas. **D)** Medición de las dimensiones tangenciales y radial **E)** Medición y registro de las dimensiones longitudinales. 29
Figura 9. Variación radial del contenido de humedad de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. 31
Figura 10. Variación radial de la densidad básica de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. 34
Figura 11. Variación radial de la densidad normal de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. 37
Figura 12. Variación radial de la densidad anhidra de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. 39
Figura 13. Tipos de densidades de la madera de *Hymenaea courbaril* L.,

procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. 41
Figura 14. Variación radial de la contracción radial de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. 41
Figura 15. Variación radial de contracción tangencial de madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. 43
Figura 16. Variación radial de la contracción longitudinal de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, región de Madre de Dios… 45
Figura 17. Variación radial de la contracción volumétrica de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región de Madre de Dios..... 47
Figura 18. Anisotropía dimensional de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios. 50
Figura 19. Variación radial del índice de estabilidad de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. 50

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables e indicadores 4
Tabla 2. Descripción taxonómica de *Hymenaea courbaril L*. 9
Tabla 3. Número de probetas por árbol de *Hymenaea courbaril* L. 22
Tabla 4. Norma técnica peruana utilizadas en el estudio de las variaciones radiales de las propiedades físicas de *Hymenaea courbaril* L. 24
Tabla 5. Sistema de hipótesis para la variable contenido de humedad 32
Tabla 6. ANOVA contenido de humedad de *Hymenaea courbaril L.* 32
Tabla 7. Test de Tukey del contenido de humedad en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. 32
Tabla 8. Sistema de hipótesis para la densidad básica 34
Tabla 9. ANOVA densidad básica de *Hymenaea courbaril L.* 35
Tabla 10. Test de Tukey para densidad básica del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. 35
Tabla 11. Sistema de hipótesis para densidad normal 37
Tabla 12. ANOVA densidad normal de *Hymenaea courbaril L.* 38
Tabla 13. Test de Tukey de la densidad normal del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. 38
Tabla 14. Sistema de hipótesis para densidad anhidra 39
Tabla 15. ANOVA densidad anhidra de *Hymenaea courbaril L.* 40
Tabla 16. Test de Tukey para densidad anhidra del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. 40
Tabla 17. Sistema de hipótesis para contracción radial 42
Tabla 18. ANOVA contracción radial de *Hymenaea courbaril L.* 42
Tabla 19. Test de Tukey de contracción radal del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. 42
Tabla 20. Sistema de hipótesis para contracción tangencial 44
Tabla 21. ANOVA contracción tangencial de *Hymenaea courbaril L.* 44
Tabla 22. Test de Tukey para contracción tangencial del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. 44
Tabla 23. Sistema de hipótesis para contracción longitudinal 46
Tabla 24. ANOVA contracción longitudinal de *Hymenaea courbaril L*. 46
Tabla 25. Test de Tukey para contracción longitudinal del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. 46
Tabla 26. Sistema de hipótesis para contracción volumétrica 47

Tabla 27. ANOVA contracción volumétrica de *Hymenaea courbaril L.* 48
Tabla 28. Test de Tukey para contracción volumétrica del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. 48
Tabla 27. Densidad básica y contracción volumétrica de *Hymenaea courbaril L.* .. 49
Tabla 30. Sistema de hipótesis para la variable índice de estabilidad 51
Tabla 31. ANOVA índice de estabilidad de *Hymenaea courbaril L.* 51
Tabla 32. Propiedades físicas contracción e índice de estabilidad del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. ANOVA y Test de Tukey 51
Tabla 33. Sistema de hipótesis de la investigación..... 52
Tabla 34. Resultado de prueba de hipótesis para variables de la investigación 53

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

Las propiedades de la madera definen su mejor utilización, la mayoría de las investigaciones se han enfocado en estudiar estas propiedades en todo el tronco, sin prestar mayor importancia a la variación de estas propiedades dentro del tronco. Investigaciones previas en coníferas (pinos) y algunas latifoliadas (eucaliptos), muestran que existen mucha variación radial de las propiedades físicas de estas especies, aumentando a mayor edad de los árboles, es decir a mayor distancia de la médula (Lachenbruch, Bárbara, Moore y Evans 2011). Esta variación está relacionada con la formación de leño juvenil y leño adulto, siendo que las propiedades de la madera van mejorando a mayor edad de los árboles, en el leño adulto propiedades de la madera son estables sin variación radial significativa (Tomazello et al. 2008; Tomazello 2006). En este sentido la variación radial de las propiedades físicas es un factor que afecta la utilización de la madera, debido a la proporción de madera juvenil/madera adulta Lachenbruch et al. (2011); la madera juvenil tiene en general menor calidad que la madera adulta para usos estructurales (Bendtsen y Senft 2007), pero para otros usos la mayor proporción de madera juvenil es una ventaja, como por ejemplo la mejor calidad de papel Lachenbruch et al. (2011). En especies tropicales, la revisión realizada por Lachenbruch et al. (2011) muestra que todavía existe muy poca información para latifoliadas tropicales, lo cual no permite entender con claridad el modelo de variación de las propiedades de la madera y las causas que lo originan. Investigaciones de este tipo en especies tropicales de bosques naturales en Perú, prácticamente son inexistentes, no existe información publicada y accesible, enfocada al estudio de la variación de las propiedades de la madera dentro del tronco. Las investigaciones existentes principalmente fueron enfocadas a hallar las propiedades de la madera del tronco como un

todo. En este contexto el estudio profundo de la variación de la propiedades de la madera en *Hymenaea courbaril*, una de las especies más comerciales de la Amazonía peruana sur, se torna importante en la práctica, para conocer la variación radial de las propiedades de la madera, para ser aplicado en el mejor uso de la madera de los árboles aprovechados teniendo en cuenta que generalmente muchos individuos de pequeñas dimensiones están siendo apeados sin tomar en cuenta los efectos en las propiedades de la madera.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Existe variación radial significativa de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L., de los bosques naturales del consolidado Maderacre - Tahuamanu?

1.2.2 Problemas específicos

a. ¿Qué comportamiento tiene el contenido de humedad, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.?
b. ¿Existirá variación radial de la densidad básica, anhidra y normal, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.?
c. ¿Existirá variación radial de la contracción longitudinal, tangencial, radial y volumétrica, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.?
d. ¿Cuál es el comportamiento del índice de estabilidad en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la variación radial de las propiedades físicas de la madera de *Hymenaea courbaril* L., de los bosques naturales del consolidado Maderacre - Tahuamanu.

1.3.2 Objetivos específicos

a. Determinar la variación radial del contenido de humedad, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.

b. Determinar la variación radial de la densidad básica, anhidra y normal, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.
c. Determinar la variación radial de la contracción longitudinal, tangencial, radial y volumétrica, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.
d. Determinar la variación radial del índice de estabilidad en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.

1.4 Variables

1.4.1 Variables Dependientes

$Y_1 =$ Contenido de humedad en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (CH)

$Y_2 =$ Densidad básica, anhidra y normal en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (D_B, D_{ANH}, D_N)

$Y_3 =$ Contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (C_R, C_T, C_L, C_V)

$Y_4 =$ Índice de estabilidad en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (T/R)

Indicadores

- $CH =$ Contenido de humedad $(\%)$
- $D_B =$ Densidad básica (g/cm^3)
- $D_{ANH} =$ Densidad anhidra (g/cm^3)
- $D_N =$ Densidad normal (g/cm^3)
- $C_R =$ Contracción radial $(\%)$
- $C_T =$ Contracción tangencial $(\%)$
- $C_L =$ Contracción longitudinal $(\%)$
- $C_V =$ Contracción volumétrica $(\%)$
- $T/R =$ Índice de estabilidad

1.4.2 Variables independientes

$X_1 =$ Distancia médula-corteza de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril L*. (D_{mc})

Indicadores

$D_{mc} =$ Distancia médula-corteza (cm)

$N_{probeta} =$ Número de probeta de 3x3x10 cm en dirección médula-corteza

1.5 Operacionalización de variables

En la Tabla 1, se presenta la matriz de operacionalización de variables e indicadores de la investigación.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables e indicadores

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
Independientes: $\boldsymbol{X_1} =$ Distancia médula-corteza de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril L*. $(\boldsymbol{D_{mc}})$	Distancia médula-corteza	$D_{mc} =$ Distancia médula-corteza (cm)	(cm)
		$N_{probeta} =$ Número de probeta de 3x3x10 cm en dirección médula-corteza	Adimensional
Dependientes: $\boldsymbol{Y_1} =$ Contenido de humedad en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. $(\boldsymbol{CH})$.	Contenido de humedad	$CH =$ Contenido de humedad	$(\%)$
$\boldsymbol{Y_2} =$ Densidad básica, anhidra y normal en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. $(\boldsymbol{D_B, D_{ANH}, D_N})$.	Densidad	$D_B =$ Densidad básica	(g/cm^3)
		$D_{ANH} =$ Densidad anhidra	
		$D_N =$ Densidad normal	
$\boldsymbol{Y_3} =$Contracción radial, longitudinal y volumétrica en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. $(\boldsymbol{C_R, C_L, C_V})$.	Contracción	$C_R =$ Contracción radial	$(\%)$
		$C_T =$ Contracción tangencial	
		$C_L =$ Contracción longitudinal	
		$C_V =$ Contracción volumétrica	
$\boldsymbol{Y_4} =$ Índice de estabilidad en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. $(\boldsymbol{T/R})$.	Índice de estabilidad	$T/R =$ Índice de estabilidad	Adimensional

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis Alternativa

$H_A =$ Existe variación radial significativa de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L., en dirección médula – corteza.

1.6.2 Hipótesis Nula

$H_0 =$ No existe variación radial significativa de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L., en dirección médula – corteza.

1.7 Justificación

El desarrollo de la presente investigación respecto a la variación radial de propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L. (azúcar huayo) permitirá encontrar resultados que contribuirán al uso y promoción comercial de esta madera, en el mercado local, regional y/o nacional, como alternativa frente al consumo masificado de otras especies de interés comercial, en beneficio de la población, y de esta forma disminuir la presión social sobre arboles de madera fina, además de contribuir con el desarrollo de la industrialización forestal de esta especie, para obtener productos de mejor calidad y mayor valor agregado. Según Estacio (2008) el azúcar huayo se encuentra distribuido en el Perú en los departamentos de Cajamarca, Loreto, San Martín, Ucayali, Junín, Huánuco y Madre de Dios, en altitudes debajo de los 700 m.s.n.m. la especie existe en cantidades regulares en la Amazonía del Perú, Según el CITE madera en informe técnico “Selección de especies poco conocidas para promoción en los mercados nacionales e internacionales” elaborado por el Ing. Forestal Carlos Rincón La Torre, Coordinador del programa LKS se cuenta con volúmenes importantes en la amazonia peruana de la especie forestal azúcar huayo.

Por tanto, desde el punto de vista económico, la industria de la madera viene atravesando un serio problema por el inadecuado uso tecnológico de esta materia prima, la gran demanda del mercado por la madera aserrada de varias especies forestales de madera fina por parte de algunas empresas dedicadas a esta actividad a nivel local, regional, nacional e internacional conlleva a investigar nuevas especies en el campo tecnológico (propiedades

físicas), el mismo que ayudara a reemplazar las maderas tradicionales en el mercado nacional e internacional y de esta manera el manejo forestal sea económicamente rentable para los concesionarios forestales.

Es por ello, que desde el punto de vista ambiental los estudios realizados en variación radial de las propiedades físicas de esta madera, permitirán conocer mejor esta especie, para su conservación y aprovechamiento sostenible en el tiempo como madera dura, este manejo sostenible de los bosques amazónicos requiere necesariamente de la utilización de la biodiversidad de especies. La variedad de especies maderables que se aprovechan actualmente o que son potencialmente comerciables varían ampliamente en sus propiedades químicas, físicas, mecánicas. Muchos concesionarios y empresas de transformación mecánica de la madera en el departamento de Madre de Dios han orientado el aprovechamiento de maderas que tienen mayor presencia y mejor distribución en los bosques de producción en reemplazo de las tradicionales cada vez más escasas y con costos de extracción altos. En este contexto, la presente investigación se torna importante para la industria de la madera, y se justifica por la necesidad de aumentar el conocimiento sobre las propiedades de la madera de *Hymenaea courbaril* L., como base para la mejora de la industrialización de la madera de esta especie.

1.8 Consideraciones éticas

Como otras tesis de grado, esta investigación sigue los lineamientos éticos básicos de objetividad, honestidad, respeto de los derechos de terceros, relaciones de igualdad, así como un análisis crítico para evitar cualquier riesgo y consecuencias perjudiciales.

Las decisiones realizadas en cada etapa de esta investigación estuvieron encaminadas a asegurar tanto la calidad de la tesis de grado, como la seguridad y el bienestar de las personas involucradas en la presente investigación de grado, cumpliendo con los reglamentos, normativas y aspectos legales pertinentes, para lograr los objetivos planteados en la investigación. Así mismo se cumplió con el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios con

Resolución de Consejo Universitario N°525-2017-UNAMAD-CU.

Por otro lado, se cumplió con respetar los derechos de autores y a la propiedad intelectual, citando todas las fuentes secundarias utilizadas en la presente investigación evitando las malas acciones de plagio.

Por último, se respetó y enmarco la investigación respetando la Ley Forestal N° 29763 y la Ley General del Ambiente N°28611 y las Normas Técnicas Peruanas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Investigaciones en muchas especies han determinado que las propiedades de la madera varían en el sentido radial, y longitudinal del fuste (Panshin y De Zeeuw 1980) este tipo de investigaciones han sido realizadas principalmente para especies cultivadas en plantaciones forestales como *Eucalyptus* sp, *Tectona grandis* y *Pinus* sp; por ejemplo en *Eucalyptus grandis* el modelo de variación radial de la densidad se caracteriza por presentar altos valores cerca a la médula, seguida de abrupta disminución, y aumento gradual, con mayor densidad cerca a la corteza (Chambi 2016); en *Tectona grandis* y *Pinus caribea*, la variación radial de la densidad es caracterizada por un aumento a partir de la médula con estabilización de su valor en él leño cerca a la corteza (Castro 2011). De la misma forma, la anatomía de la madera varía considerablemente a lo largo del radio del tronco, por ejemplo en especies de Eucalipto, mientras más cerca a la médula la madera presenta vasos más pequeños pero más abundantes, en cuanto que mientras más cerca a la corteza la madera presenta vasos más grandes pero menos abundantes (De Castro et al. 2007; Roberto et al. 2009; Chambi 2016; Tomazello 2006), asimismo se evidencia una tendencia de incremento de la longitud de la fibra (Kojima et al. 2009). Los autores relacionan estas variación radial con la formación de leño juvenil y leño adulto, siendo que muchas propiedades de la madera van mejorando a mayor edad de los árboles, en el leño adulto propiedades de la madera son estables sin variación radial significativa (Tomazello et al. 2008; Tomazello 2006). La variación radial de las propiedades es un factor que afecta la utilización de la madera, debido a la proporción de madera juvenil/madera adulta (Lachenbruch et al. 2011); la madera juvenil tiene en general menor calidad que la madera adulta para usos estructurales, por la baja densidad y alto ángulo de las microfibrillas, que

originan un bajo módulo de elasticidad y resistencia a la flexion (Bendtsen y Senft 2007), así como alta contracción de la madera; pero para otros usos la mayor proporción de madera juvenil es una ventaja, como por ejemplo la mejor calidad de papel producido de árboles con alta porcentaje de madera juvenil según Lachenbruch et al. (2011). En especies tropicales, la revisión realizada por Lachenbruch et al. (2011) muestra que todavía existe muy poca información para latifoliadas tropicales, pero en general los estudios en latifoliadas, que fueron realizados en altas latitudes muestran que la variación de las propiedades de la madera son mucho menores que en madera de coníferas. Investigaciones de este tipo en especies tropicales de bosques naturales en Perú, prácticamente son inexistentes, no existe información publicada y accesible, enfocada al estudio de la variación de las propiedades de la madera dentro del tronco. Las investigaciones existentes principalmente fueron enfocadas a hallar las propiedades de la madera del tronco como un todo.

Las especies forestales comerciales más abundantes y más aprovechadas son especies de densidad alta, como *Hymenaea oblongifolia* (MINAGRI, 2014) conocido como azúcar huayo; esta especie posee una densidad básica alrededor de 0,80 g/cm^3 (Andres et al. 2015), valiosa por sus altas propiedades mecánicas para su uso en pisos (parquet), pasos de escaleras y balaustres, ebanistería, muebles, construcciones de barcos (estructuras y quillas), chapas decorativas y artesanía (Chavesta 2005).

2.2 Marco teórico

2.2.1 Descripciones taxonómicas de la especie a estudiar

En la Tabla 2, se presenta la descripción taxonómica de la especie *Hymenaea courbaril L*.

Tabla 2. Descripción taxonómica de *Hymenaea courbaril L*.

Característica	Descripción
División:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledóneas.

Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Género:	Hymenaea
Nombre científico:	*Hymenaea courbaril* L.
Sinónimos Botánicos:	*Hymenaea animifera* Stokes; *Hymenaea candolleana Kunth*; *Hymenaea confertifolia* Hayne.
Nombres comunes:	Perú: azúcar huayo. Bolivia: Copal. Brasil: Jatoba. Colombia: Algarrobo. Ecuador: Copal. Venezuela: Corobore.
Nombre comercial:	Jatoba, courbaril.

Fuente: Sibille y Rodriguez (1996)

2.2.2 Características anatómicas

Sibille y Rodriguez (1996) describen las características anatómicas de la madera como:

- **Caracteres organolépticos de la madera:**

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de la madera (albura) de color blanco amarillento y las capas internas (duramen) de color marrón oscuro, observándose entre ambas capas un gran contraste en el color. En la madera seca al aire la albura se torna de color marrón muy pálido HUE 8/4 10YR y el duramen amarillo rojizo HUE 6/6 5YR.

Olor: No distintivo. Sabor: No distintivo. Lustre o brillo: Medio. Grano: Recto a entrecruzado. Textura: Media. Veteado o figura: Arcos superpuestos y bandas anchas longitudinales con reflejos dorados. Dureza y peso: La madera es dura y pesada; peso específico básico alto, entre 750 y 950 kg/m^3.

- **Caracteres macroscópicos de la madera:**

Anillos de crecimiento: (Corte X) Visibles a simple vista; definidos por la presencia de bandas de parénquima marginal. Poros: (Corte X) Visibles a simple vista; medianos; muy pocos: menos de 5 poros por mm^2; solitarios y múltiples radiales de 2 a 3; depósitos gomas en los poros. (Corte R y T) Líneas vasculares medianos y cortas. (Corte X) Porosidad: Difusa.

Parénquima Axial o Tejido Claro: (Corte X) Observable a simple vista; está alrededor de los poros en forma de alas y alas que entrelazan poros (paratraqueal aliforme de ala corta y aliforme confluente) y de bandas marginales. Radios o Líneas Horizontales: (Corte X) Visibles con lupa de 10x; medianamente finos: de 1-5 células de ancho (predominantemente de 4); moderadamente numerosos: de 4 a 12 radios por mm lineal. (Corte R y T) Radios poco contrastados; bajos: menores de 1mm de altura. No están estratificados (Figura 1).

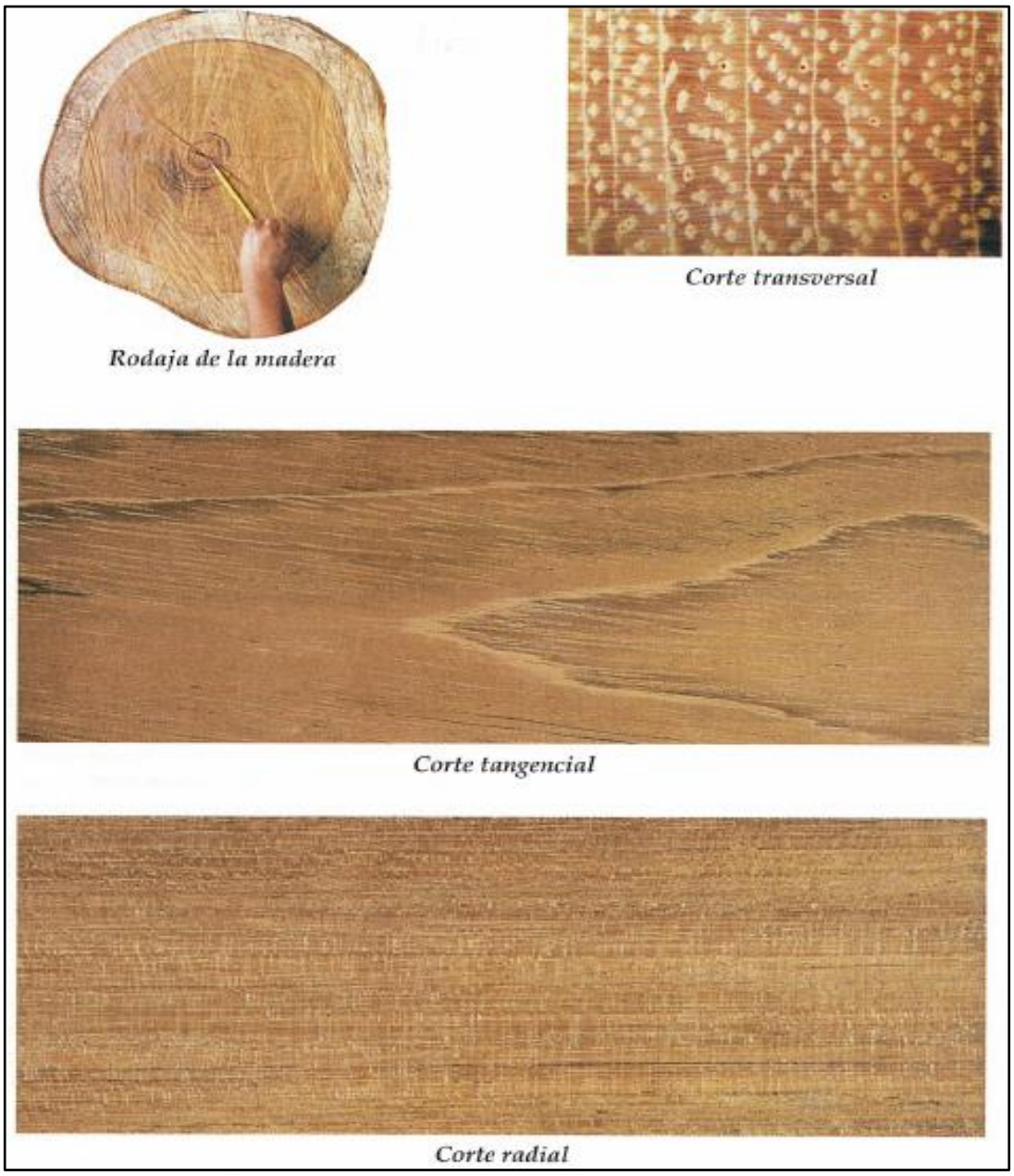

Figura 1. Imágenes macroscópicas de las diferentes secciones de la especie *Hymenaea courbaril* L.
Fuente: Sibille y Rodriguez (1996)

Utilidad: La corteza era utilizada para hacer cierto tipo de embarcaciones y como fuente de taninos; su decocción de vermífuga. Del polvo seco que rodea las semillas y es comestibles y remedio eficaz contra las afecciones. Los frutos, ricos en resina, se usaban para la reposición del incienso de las iglesias. Los frutos tiernos, son machacados, son empleados localmente para aplicarlos a huesos fracturas. La resina exuda por las heridas del tronco y frutos puede emplearse como incienso y para la elaboración de barnices, la cual se ha comercializado con los nombres de copal americano, resina de copal o resina de courbaril. Algunas personas en el campo comen el polvo dulce que rodea a las semillas, y en muchas regiones los frutos tienen apreciable demanda y se ven en los mercados. La corteza también es una fuente de tanino.

La madera es utilizada para muebles, parquet, paneles decorativos y obras de ebanistería. Se puede utilizar en construcción para vigas, columnas y puentes; además para mandos de herramientas, tornería, artículos deportivos, chapas y contrachapados. Es difícil de trabajar manual y mecánicamente; adquiere buen acabado; acepta bien el encolado y permite el torneado.

2.2.3 Información general

- **Densidad de la madera:**

La densidad es considerada como la propiedad más importante de la madera, la cual determina su calidad así como su uso y transformación, y la mayoría de las propiedades físicas y mecánicas de la madera son correlacionadas con la densidad; la dureza y rigidez aumenta a mayor densidad de la madera, también la transmisión de calor de la madera incrementa con la densidad básica así como el poder calorífico (Bowyer, Shmulsky y Haygreen 2007); por otra parte también es un parámetro de indicación del potencial de la madera para la calidad del papel y rendimiento de la pulpa (Miranda, Almeida y Pereira 2001).

Según Bowyer, et al. (2007) la estructura celular de la madera confiere muchas de sus propiedades únicas; la densidad de la sustancia de la madera en la pared celular es aproximadamente 1520 kg/m^3, siendo que la densidad es inversamente relacionada a la porosidad es decir a la proporción de

volumen vacío. La densidad suele referirse como gravedad específica, usando indistintamente ambos términos, sin embargo la densidad es definida como la masa o peso por unidad de volumen, mientras que la gravedad específica es la proporción de la densidad de la madera con la densidad del agua, por tanto la gravedad específica es adimensional y numéricamente la densidad y la gravedad específica tienen el mismo valor (Bowyer, et al. 2007).

En la determinación de la densidad de la madera debe hacerse referencia al contenido de humedad de la madera (CH), debido a que cambios en la humedad de la madera afecta su masa y volumen (Walker 2006). De esta forma la densidad se puede referir como densidad anhidra (0 % de CH), densidad normal (12 % de CH) u a otra humedad de la madera (Vignote y Martínez 2006), uno de los descriptores más usados para la densidad de la madera, es la densidad básica, que expresa la masa anhidra por unidad de volumen saturado también llamado volumen verde (Walker 2006):

$$Densidad\ básica = \frac{Masa\ seca\ al\ horno}{Volumen\ en\ estado\ verde} \qquad (1)$$

El volumen puede ser determinando por inmersión en un recipiente con agua, el volumen es calculado por la diferencia de peso entre el recipiente con agua sin la muestra y el recipiente con agua con la muestra inmersa (Figura 2A); o también por la diferencia de lectura del nivel, antes y después de la inmersión de la muestra en un cilindro con agua graduado (Figura 2B) (Bowyer, et al. 2007).

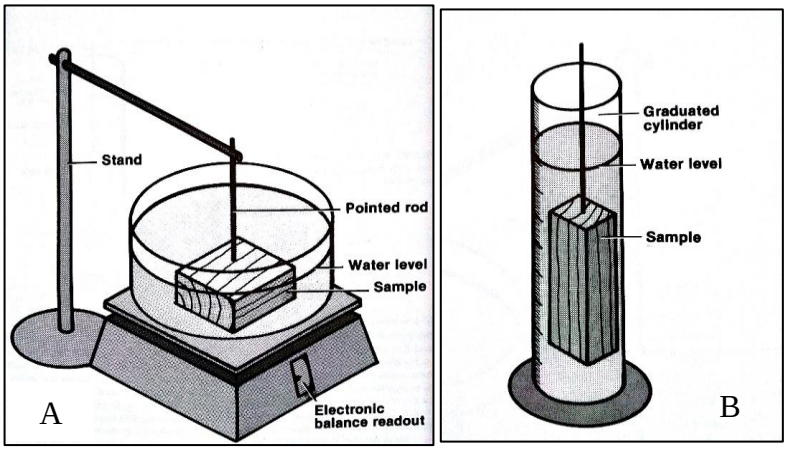

Figura 2. Determinación del volumen por pesaje antes y después de la inmersión de la muestra (A), y por diferencia en el nivel de agua (lectura del cilindro antes y después de la inmersión (B).
Fuente: Bowyer, et al. (2007)

Generalmente la densidad básica de la madera se relaciona negativamente con el contenido de humedad, siendo que a mayor densidad verde menor densidad básica, es decir un material que tiene una baja densidad básica tiene un alto contenido de humedad y viceversa (Walker 2006).

- **Variación radial de la densidad**

Varios patrones de variación radial de la densidad desde la médula a la corteza fueron encontrados en latifoliadas. Algunas especies como *Swietenia macrophylla* y otras, tienen un incremento de la densidad de la médula hacia adelante (Zobel y Buijtenen 1989). Un particular importancia tiene los Eucaliptos, los cuales generalmente muestran un pequeño incremento a partir de la médula; diversos estudios en *Eucalyptus grandis* mostraron un decrecimiento de la densidad desde los primeros años y entonces un incremento sostenido hasta la parte externa del xilema (De Castro 2014; Chambi 2016). En las latifoliadas obviamente existe variación radial de la densidad, sin embargo, cada una puede tener un patrón de variación radial diferente (Figura 3).

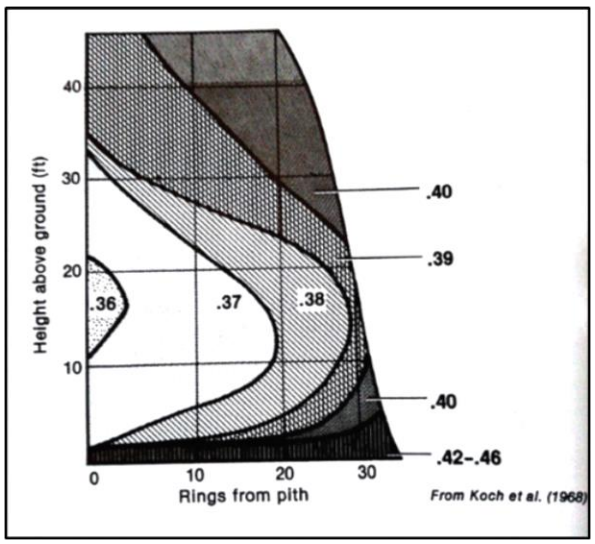

Figura 3. Variación radial y longitudinal de la densidad en Álamo amarillo.
Fuente: Bowyer, et al. (2007)

2.3 Definición de términos

Anisotropía. - Casi todas las propiedades de la madera difieren en las tres direcciones básicas de anatomía de la madera (axial, radial, tangencial). La dirección axial es la dirección de crecimiento del árbol (dirección de las fibras).

La radial es perpendicular a la axial, es la dirección de los radios y corta al eje del árbol. La dirección tangencial es paralela a la radial, en la dirección de la fibra y cortando los anillos anuales (INDECOPI 251,001 1989).

Árbol. - Es el vegetal leñoso de tallo simple, de cierto grosor, que se ramifica a cierta altura formando la copa (INDECOPI 251,001 1989).

Contenido de humedad. - Es la cantidad de agua contenida en la madera generalmente expresada como porcentaje de su peso anhidro (INDECOPI 2014a).

Contracción. - Es la reducción de las dimensiones de una pieza de madera causada por la disminución del contenido de humedad a partir de la saturación de las fibras. Se expresa como porcentaje de la dimensión verde de la madera y puede ser lineal (radial, tangencial o longitudinal y volumétrica). (INDECOPI 251,001 1989).

Coeficiente de contracción. - Es el factor que indica la contracción que experimenta una madera por cada variación de 1 % en su contenido de humedad. (INDECOPI 251,001 1970).

Corte Tangencial (Tg.).- Es el corte que se realiza perpendicular a los radios o tangente a los anillos de crecimiento.

Corte Transversal (Tr.).- Es el corte que se realiza perpendicular al eje longitudinal del tronco o pieza de madera, observado en los extremos de la muestra.

Corte Radial (Rd.).- Es el corte que se realiza paralelo a los radios o perpendicular a los anillos de crecimiento.

Densidad básica. - Es aquel peso específico que expresa la relación entre la masa anhidra de una pieza de madera y su volumen verde (Vv), multiplicado por la densidad del agua, se expresa en g/cm^3.

Duramen.- (latín durare: endurecer) Leño biológicamente inactivo y que generalmente se diferencia de la albura por su color más oscuro, Puede estar infiltrado por formas, resinas y otros materiales que lo hacen más oscuro y más resistente a los ataques de los microorganismos. Se encuentra localizado

en el centro del árbol, entre la médula y la albura. (Junta del acuerdo de Cartagena-JUNAC 1989).

Madera. - Es el conjunto de células que conforman el tejido leñoso. En ella se puede distinguir tres partes: la albura, el duramen y la médula. (INDECOPI 251,001 1989).

Madera con poros (Latifoliadas). - Es aquella que tiene una estructura celular compleja constituida principalmente de vasos, parénquima y fibras. (INDECOPI 251,001 1989).

Médula. - Parte central de los tallos, formada principalmente por tejido parenquimatoso o blando (Chavesta 2005).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de estudio

La investigación por su alcance es de tipo descriptiva, porque según Hernández, Fernández y Baptista (2014) en este tipo de investigación se busca especificar propiedades, características y perfiles de los individuos de nuestra población de estudio, como resultado de someterlos a un análisis. “Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren”. De acuerdo con Ccanto (2014) las investigaciones descriptivas “son aquellas que tienen por objeto central la medición precisa de una o más variables dependientes, en una población definida o en una muestra de una población”.

3.2 Diseño del estudio

El diseño de la investigación es de tipo no experimental-descriptivo.

El diseño general de la investigación es no experimental, debido a que según Hernández, et al. (2014) es aplicable a: “Investigaciones que se realizan sin manipular deliberadamente variables” este diseño nos permitirá determinar las propiedades de la muestra tal como se da en su contexto natural para el posterior análisis estadístico.

El diseño específico es descriptivo simple, porque de acuerdo a Ccanto (2014) consiste en buscar y recoger información actual con respecto a una o más variables de una determinada muestra “En la investigación se describen características o condiciones de un hecho o fenómeno tal como es en la realidad, sin manipulación ni control de variables”.

Por tanto, en la investigación se recolectó información con respecto a las variables de estudio de la muestra (propiedades físicas) obtenidos de las

pruebas de laboratorio en función a la Norma Técnica Peruana (INDECOPI 2014a), (INACAL 2015), (INDECOPI 2014b) e (INACAL 2016).

Figura 4. Esquema del diseño experimental
Fuente: Ccanto (2014)

Donde:

M: Muestra en la que se realiza la investigación (probetas seleccionadas).

O: Información o datos (Propiedades Físicas) obtenidos al aplicar el instrumento de medición en la muestra (Norma Técnica Peruana).

3.3 Ubicación de la zona de estudio

La zona de ubicación para el estudio de investigación se realizó dentro de la empresa maderera Rio Acre SAC (consolidado Maderacre SAC) que se encuentra ubicado en el departamento de Madre de Dios provincia de Tahuamanu, Distrito de iñapari.

Los 10 árboles de la especie *Hymenaea courbaril* L., se obtuvo dentro del Plan Operativo Anual 2017 que corresponde a la parcela de corta número 15 con un área de 11 848,94 hectáreas.

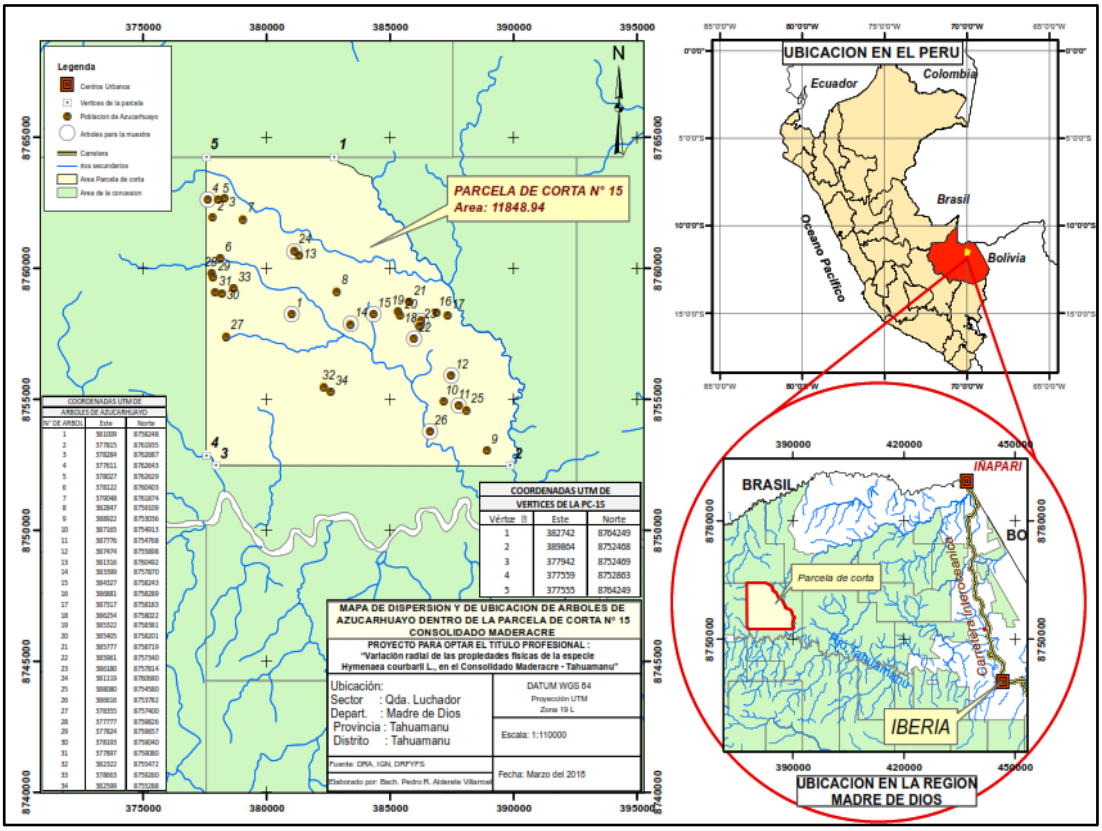

Figura 5. Ubicación de la zona de estudio de la "Variación radial de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L., en el Consolidado Maderacre – Tahuamanu"
Fuente: Kroll (2017) elaboración propia.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población objeto de estudio está conformada por 1195 árboles aprovechables y semilleros de azúcar huayo, de la parcela de corta N° 15 con un área de 11 848,94 hectáreas (Figura 5) que se encuentran en el Consolidado Maderacre según el Plan Operativo Anual-POA 2017-2018 (Kroll 2017). Por tanto, el tamaño de población fue de 1 195 árboles.

3.3.2 Muestra

La muestra inicial para la presente investigación consistió en 34 árboles que fueron extraídos y transportados mediante un sistema de cadena de custodia certificada, desde la parcela de corta N° 15, hacia el patio de acopio del consolidado Maderacre, de cuales mediante el método muestral No probabilístico y utilizando la técnica de muestreo por conveniencia, se seleccionaron como muestra de la investigación un total de 10 árboles, cuya

información se presentan en el Anexo II; dicha selección, se hizo en función al criterio de la Norma Técnica Peruana-NTP (INACAL 2016) donde se establece que: “Para estudios preliminares que permitan obtener un valor promedio de las propiedades físicas y mecánicas deben tomarse como mínimo tres árboles por población, se recomienda trabajar preferiblemente con una seguridad estadística del 95 % y un intervalo de confianza cercano al 15 %, para lo cual debe tomarse como mínimo 5 árboles de un diámetro de altura de pecho mayor a 30 cm; en caso sea menor a 30 cm, se debe tomar 10 árboles” asimismo, de acuerdo al POA 2017-2018 de Maderacre, se encontró que los diámetros de los 34 árboles de la muestra inicial, tenían en su totalidad diámetros mayores a 70 cm. Por tanto, el tamaño de población fue de 10 árboles.

3.5 Métodos y técnicas

Para definir el método partimos de la premisa: “La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema” (Hernández, et al. 2014). Asimismo, Asensi y Parra (2002) afirma que “Respecto al método de investigación científica, las etapas mencionadas se corresponden con: 1. Formulación del problema que motiva el comienzo de la investigación, 2. Enunciado de la hipótesis, 3. Recogida de datos y 4. Análisis e interpretación de los datos.”

El método general utilizado en la presente investigación fue el método científico, según Sánchez y Reyes (2006) lo define como “el camino a seguir mediante una serie de operaciones y reglas prefijadas que nos permiten alcanzar un resultado u objetivo. En otras palabras, es el camino para llegar a un fin o una meta”. El método científico y sus etapas representan el procedimiento seguido para tratar el problema propuesto, haciendo uso del pensamiento lógico, para probar luego de la experimentación, la hipótesis propuesta.

El método básico fue el descriptivo, que según Sánchez y Reyes (2006) “consiste en describir, analizar e interpretar un conjunto de hechos, fenómenos o variables que las caracterizan de manera tal como se da en el presente. El método descriptivo apunta a estudiar el fenómeno en su estado

actual y en su forma natural; por tanto, las posibilidades de tener un control directo sobre las variables de estudio son mínimas, por lo cual su valides interna es discutible". Debido a que la presente investigación es de tipo descriptiva, tiene coherencia con el método específico utilizado.

La técnica utilizada fue la medición, que según Ccanto (2014) "el objetivo de la medición es determinar el valor del mensurado; esto es, el valor de la magnitud particular bajo medición. Por tanto, una medición comienza con una adecuada definición del mensurado, del método de medida y del procedimiento de medida"

El procedimiento para obtener la información de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L., fue el siguiente:

3.5.1 Selección de rodajas y obtención de probetas

En esta etapa de la investigación, se seleccionaron como muestra del estudio, 10 árboles de la especie *Hymenaea courbaril* L. mediante la técnica de muestreo por conveniencia, obteniéndose 10 rodajas; posteriormente, se procedió a seleccionar una sección en la dirección médula – corteza (vigueta) tal como se muestra en la Figura 6, de donde se obtuvieron posteriormente las probetas de 3x3x10 cm, en función a la Norma Técnica Peruana (INACAL 2016) "Selección y colección de muestras"

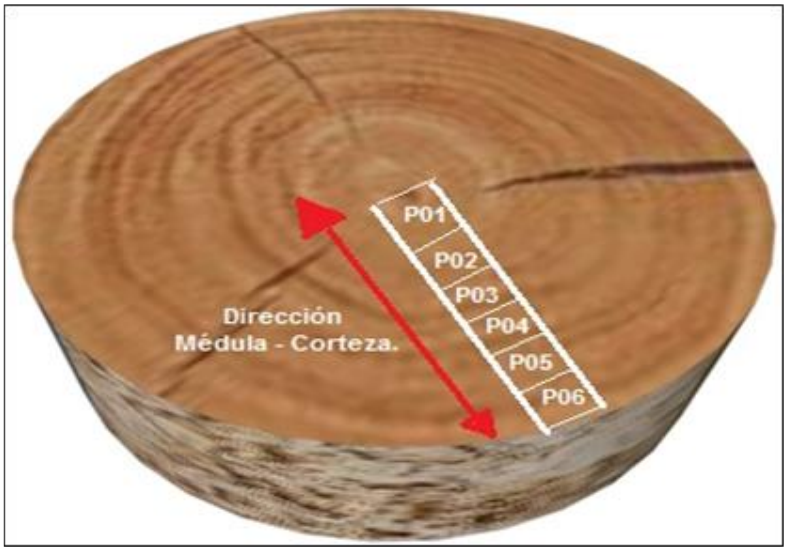

Figura 6. Diseño de la obtención y distribución de las probetas para el estudio de la "Variación radial de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L.*,* en el Consolidado Maderacre – Tahuamanu".
Fuente: Elaboración propia.

El número final de probetas obtenidas por cada rodaja de madera estuvo relacionada directamente a su diámetro de cada rodaja de *H. courbaril,* y del pase de la cierra circular de banca (Figura 6). Se obtuvo al final un total de 132 probetas de maderas (Tabla 3) que fueron analizadas y que se detalla a continuación.

Tabla 3. Número de probetas por árbol de *Hymenaea courbaril* L.

N° de Árbol	N° de Probetas
1	14
2	14
3	9
4	14
5	13
6	12
7	11
8	15
9	15
10	15
Total	**132**

Fuente y elaboración: propia

En la Figura 7, se presenta la secuencia de pasos seguidos para obtener las probetas de la investigación: Rodajas seleccionadas y almacenadas (A), distribución del radio para obtención de probetas (B), marcado de las probetas en dirección medula – corteza (C), aserrado para obtención de viguetas (D), codificación de viguetas según cadena de custodia (E), aserrado y medición de probetas con sierra circular (F) y saturación de probetas en agua fría por un lapso de 07 días, previas a su análisis en laboratorio (G).

Figura 7. Fase de Carpintería: A) Rodajas seleccionadas. B) Distribución del radio. C) Marcado de las probetas. D) Aserrado del radio. E) Codificaciones de cada muestra. F) Obtención y medición de probetas. G) Saturación en agua fría de las probetas.
Fuente y elaboración: propia

3.5.2 Determinación de las propiedades físicas de la muestra

Esta etapa se realizó en la Planta Piloto de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD. La investigación contempló la determinación de las siguientes propiedades físicas y su variación en dirección radial (médula - corteza): Densidad; contenido de humedad; peso específico; contracción volumétrica; contracción tangencial, contracción radial, contracción longitudinal y el índice de estabilidad (T/R) para la especie en estudio, los ensayos se ejecutaron de acuerdo a especificaciones de la Norma Técnica Peruana (Tabla 4).

Tabla 4. Norma técnica peruana utilizadas en el estudio de las variaciones radiales de las propiedades físicas de *Hymenaea courbaril* L.

Objetivo	Norma técnica
Determinación del Contenido de Humedad	Norma NTP 251.010.2016
Determinación de la Densidad	Norma NTP 251.011.2016
Determinación de la Contracción	Norma NTP 251.012.2016

Fuente y elaboración: INDECOPI (2014a)

De cada una de las probetas por árbol se determinó su peso inicial, volumen inicial, dimensión radial inicial, dimensión tangencial inicial y dimensión longitudinal inicial. El volumen se determinó por el método de desplazamiento de agua o inmersión. Las contracciones se determinaron con un micrómetro digital, con una precisión de ± 0,01mm y el peso con una balanza de precisión de ± 0,01gramos. Luego se secó las probetas en estufa, y se incrementó gradualmente la temperatura de 30°, 40°, 60°, 80° hasta que alcance los 103 ± 2 °C.

Durante el tiempo que se secó las probetas en la estufa, se controló diariamente el peso de cada probeta, teniendo cuidado de colocarlas en un desecador (provista de silicagel) para que se enfrió a temperatura ambiente.

Cuando las probetas alcanzaron su peso constante se determinó las dimensiones finales y el volumen final por el método de desplazamiento de agua o inmersión (Figura 6). Las fórmulas que se usaron fueron:

- Determinación del Contenido de Humedad.
- Determinación de la Densidad Básica.
- Determinación de la contracción (tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y T/R)

a) Determinación del Contenido de Humedad

Los ensayos para la determinación del contenido de humedad se realizaron según el método gravimétrico.

- Se identificó y marcó las diferentes probetas.
- Se pesó las probetas en una balanza de precisión requerida para el ensayo.
- Se colocaron las probetas en una estufa a una temperatura gradual de

103 ± 2 °C, hasta que tuvo peso constante.

- Según la Norma (INDECOPI 2014a), el método convencional que se usa para determinar CH% de la madera como porcentaje referido al peso del leño totalmente seco o anhidro fue según la ecuación (2):

$$CH\% = \frac{mh - mo}{mo} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

$CH\% =$ Contenido de humedad porcentual $(\%)$

$mh =$ Peso de la probeta humedad (g)

$mo =$ Peso de la probeta seca al horno (g)

b) Determinación de la densidad normal (D)

La NTP – 251.011, define a la densidad normal como la razón entre el peso y el volumen de la madera en su mismo estado a un determinado contenido de humedad.

Determinación de la densidad se realizó por el método indirecto según INDECOPI (2014b).

- Se identificó y marcó las probetas
- Se pesó y midió las probetas en sus caras longitudinales.
- Se determinaron el volumen de cada probeta por el método de desplazamiento de agua o inmersión.
- Se efectuó la saturación de las probetas en agua a temperatura ambiente por siete días; luego se determinó el volumen de cada probeta saturada, por el método de desplazamiento de agua.
- Las informaciones obtenidas se apuntaron en el formato correspondiente.

Según Norma (INDECOPI 2014b) la formula convencional que se aplica fue según la ecuación (3):

$$\mathrm{D_N} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{V}} \mathrm{g/cm^3} \quad (3)$$

Dónde:

D_N= Densidad Normal de la madera en (g/cm^3)

m = Masa a un determinado CH (g)

V = Volumen a un determinado CH (cm^3)

c) Determinación de la Densidad Básica

La NTP – 251.011, Es el cociente entre el peso de la probeta anhidra y el volumen de la probeta en estado saturado correspondiente y se expresa en g/cm^3.

Determinación de la densidad básica se realizó por el método indirecto según INDECOPI (2014b).

- Se identificó y marcó las probetas
- Se pesó y midió las probetas en sus caras longitudinales.
- Se determinaron el volumen de cada probeta por el método de desplazamiento de agua o inmersión.
- Se efectuó la saturación de las probetas por baño maría y en agua a temperatura ambiente. luego se determinó el volumen de cada probeta saturada, por el método de desplazamiento de agua.
- Se secó las probetas en estufa. incrementando gradualmente la temperatura hasta alcanzar los 103 ± 2 °C.
- Una vez que alcanzó un peso constante, se determinó el peso final y el volumen por el método de inmersión.
- Las informaciones obtenidas se apuntaron en el formato correspondiente.

Según Norma (INDECOPI 2014b), la formula convencional que se aplica fue según la ecuación (4):

$$D_B = \frac{m_o}{Vs}\ g/cm^3 \qquad (4)$$

Dónde:

$D_B =$ Densidad básica de la madera en (g/cm^3)

$m_o =$ Masa a un determinado CH (g)

$Vs =$ Volumen a un determinado CH (cm^3)

d) Densidad Anhidra

Según la NTP – 251.011, la densidad de la madera en estado anhidro, es el cociente entre el peso y el volumen en este estado anhidro expresado en g/cm^3.

Determinación de la densidad anhidra se realizó por el método indirecto según INDECOPI (2014b).

- Se identificó y marcó las probetas
- Se pesó y midió las probetas en sus caras longitudinales.
- Se determinaron el volumen de cada probeta por el método de desplazamiento de agua o inmersión.
- Se efectuó la saturación de las probetas por baño maría y en agua a temperatura ambiente. luego se determinó el volumen de cada probeta saturada, por el método de desplazamiento de agua.
- Se secó las probetas en estufa. incrementando gradualmente la temperatura hasta alcanzar los 103 ± 2 °C.
- Una vez que alcanzó un peso constante, se determinó el peso final y el volumen por el método de inmersión.
- Las informaciones obtenidas se apuntaron en el formato correspondiente.

Según Norma (INDECOPI 2014b), la formula convencional que se aplica fue según la ecuación (5):

$$D_{AH} = \frac{m_o}{V_o} g/cm^3 \qquad (5)$$

Dónde:

D_{AH} = Densidad anhidra de la madera en (g/cm^3)

m_o = Masa a un determinado CH (g)

V_o = Volumen a un determinado CH (cm^3)

e) Determinación de la contracción

Determinación de las contracciones longitudinales, radiales, tangenciales, volumétrica y el índice de estabilidad de la especie según (INACAL 2015).

- Se identificó y marcó las caras tangenciales (Tg) y Radiales (Rd) de las probetas.
- Se efectuó la saturación de las probetas por agua a temperatura ambiente. luego se determinará el volumen de cada probeta saturada por el método de desplazamiento de agua o inmersión.
- Se determinó las dimensiones radiales, tangenciales y longitudinales de cada probeta saturada.
- Se secó las probetas en estufas, incrementando gradualmente la temperatura hasta alcanzar 103 ± 2 °C.

- Durante el tiempo que se secaron las probetas en estufa se cuidó de colocarlas en un desecador para que se enfrié a temperatura ambiente.
- Cuando las probetas alcanzaron un peso constante se determinó las dimensiones y el volumen por el método de desplazamiento de agua o inmersión.
- La información obtenida se anotó en el formato correspondiente.

Contracción Volumétrica:

Según (INACAL 2015), la formula convencional que se aplicó para la determinación de la contracción volumétrica total fue según la ecuación (6):

$$C_V\ (\%) = \frac{Vs-Vo}{Vs} \times 100 \qquad (6)$$

Contracción Tangencial:

Según (INACAL 2015), la formula convencional que se aplica para la determinación de la contracción Tangencial total fue según la ecuación (7):

$$C_{tg}\ (\%) = \frac{Ts-To}{Ts} \times 100 \qquad (7)$$

Contracción Radial:

Según (INACAL 2015), la formula convencional que se aplicó para la determinación de la contracción radial total fue según la ecuación (8):

$$C_{rd}\ (\%) = \frac{Rs-Ro}{Rs} \times 100 \qquad (8)$$

Contracción Longitudinal:

Según (INACAL 2015), la formula convencional que se aplica para la determinación de la contracción longitudinal total fue según la ecuación (9):

$$C_{long}\ (\%) = \frac{Ls-Lo}{Ls} \times 100 \qquad (9)$$

- Vs = Volumen de la Probeta saturada (cm3)
- Vo= Volumen de la probeta seca al horno (cm3)
- Ts = Dimensión tangencial saturada (cm3)
- To = Dimensión tangencial seca al horno (cm3)
- Rs = Dimensión radial saturada (cm3)
- Ro = Dimensión radial seca al horno (cm3)
- Ls = Dimensión longitudinal saturada (cm3)
- Lo = Dimensión longitudinal seca al horno (cm3)

Determinación del índice de estabilidad T/R

Según Crespo et al. (2008), la formula convencional que se aplicó para determinar la relación de la contracción tangencial y radial fue según la ecuación (10):

$$Relación\ T/R = \frac{Contracción\ tangencial\ (\%)}{Contracción\ Radial\ (\%)} \times 100 \qquad (10)$$

De acuerdo a las ecuaciones descritas en los párrafos precedentes, se procedió a determinar las propiedades físicas de la especie en estudio, lo cual se muestra en la Figura 8, pesado de probetas en balanza analística (A), determinación del volumen de probetas por el método de inmersión (B), secado de probetas a 103 ± 2 °C (C), medición de dimensiones tangencial y radial de probetas con ayuda de un micrómetro (D), determinación de dimensiones longitudinales de probetas con ayuda de un micrómetro (E).

Figura 8. Fase de Laboratorio: **A)** Obtención del peso inicial**. B)** Obtención del volumen por el método de inmersión. **C)** Secado en estufa de las probetas. **D)** Medición de las dimensiones tangenciales y radial **E)** Medición y registro de las dimensiones longitudinales.
Fuente y elaboración: propia

3.6 Tratamiento de los datos

Los datos de las propiedades físicas obtenidas fueron procesados y se realizará el análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey, para verificar si las diferencias de la variación radial son significativas en la región de la médula (cerca de la médula), región intermediaria y región de la corteza (cerca de la corteza). Estos análisis estadísticos serán realizados con el software R versión 3.1.2. Con la finalidad de tener un análisis homogéneo de cada posición radial (cerca de la médula, región intermediaria y cerca de la corteza) se seleccionaron 3 probetas y se realizó el análisis.

En el Laboratorio de Anatomía de la madera de la UNAMAD se determinaron las propiedades físicas utilizando la metodología descrita en el apartado 3.5, los datos corresponden a rodajas de la muestra de 10 árboles de la especie *Hymenaea courbaril* L. (azúcar huayo) provenientes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios, en la Tabla 5 se presenta un extracto de los resultados obtenidos reportados en el Anexo III.

El procesamiento estadístico de los datos presentados en el Anexo III, se desarrolló utilizando el software estadístico RStudio© Versión 1.1.456, mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Tukey, se determinó si existen diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades físicas de las muestras de *Hymenaea courbaril* L., tomada en tres puntos distintos en dirección médula-corteza (posición radial) los resultados obtenidos se presentan en los siguientes acápites.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

4.1 Variación radial del contenido de humedad

En la Figura 9 respecto a la variación del contenido de humedad de la especie en estudio se aprecia que la posición 1 o cerca de la médula presentó un contenido de humedad promedio de 40,96 % (±6,69) en la posición 2 o intermedia presentó un contenido de humedad promedio de 43,08 % (±6,01) y en la posición 3 o cerca a la corteza presentó un contenido de humedad promedio de 60,30 % (±15,9) por tanto, el contenido de humedad en las posiciones cerca a la médula e intermedio, son estadísticamente iguales.

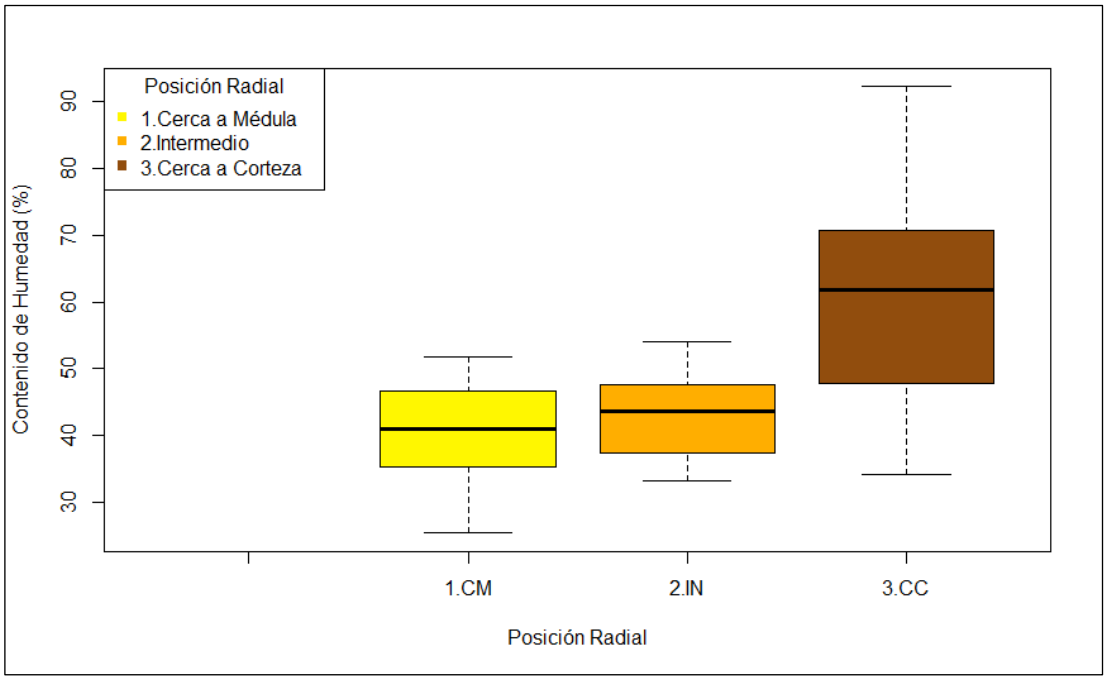

Figura 9. Variación radial del contenido de humedad de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Tabla 5. Sistema de hipótesis para la variable contenido de humedad

Variable dependiente	Hipótesis	Variable independiente
		Distancia médula-corteza
Contenido de humedad	H_{A1}	Existe variación radial significativa del contenido de humedad de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.
	H_{01}	No existe variación radial significativa del contenido de humedad de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.

En la Tabla 5 se muestra la hipótesis a probar con el Análisis de Varianza-ANOVA (Tabla 6), donde se observa que "P-valor es menor que $\propto = 0.05$ con un nivel de confianza altamente significativo (***)"; por tanto, podemos afirmar lo siguiente: "Con un nivel de confianza superior al 99 % se encontró diferencias significativas en el contenido de humedad de tres posiciones radiales de la madera *Hymenaea courbaril L.*, procedente del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios."

Tabla 6. ANOVA contenido de humedad de *Hymenaea courbaril L.*

F.V.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F valor	Pr(>F)	Signif.
Árbol	9	3463	385	4,811	4,110(1)	***
Posición Radial	2	6752	3376	42,212	3,770(2)	***
Residual	78	6239	80			

(1). Multiplicado por un factor de 10^{-5}, (2). Multiplicado por un factor de 10^{-13}
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

En la Tabla 7, sobre variación Radial del Contenido de Humedad de la madera de *Hymenaea courbaril* L., según la prueba de Tukey efectuada con un 95 % de confianza, se puede afirmar que "El contenido de humedad de la madera *Hymenaea courbaril* L., cerca de la corteza es estadísticamente diferente y superior a las maderas de las posiciones intermedia y cerca a la medula"

Tabla 7. Test de Tukey del contenido de humedad en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L.

Posición Radial	Contenido de humedad (%)
Cerca Médula	40,96±6,69 B
Intermedio	43,08±6,01 B
Cerca Corteza	60,30±15,9 A
Promedio	**48,12±13,6**

A, B, AB. Letras diferentes, difieren estadísticamente (p<0,05) 95% de Confianza.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Según Sagpya (2001) citado por Arbildo (2015) en un árbol recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal. Las maderas livianas por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas; por su parte Aróstegui (1982) afirma que el contenido de humedad influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductividad térmica, acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad. De acuerdo con la Junta del acuerdo de Cartagena-JUNAC (1989) las maderas livianas, por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas. De igual manera la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción del agua, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen. El duramen no permite contenidos de humedad elevados debido a las sustancias infiltradas y contenidas en sus células, la albura puede acumular más del 100 % de su peso seco en agua e incluso llegar a un 400 % en aquellas maderas muy livianas. Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo. En la presente investigación, se encontró que el contenido de humedad de la madera de *Hymenaea courbaril* L., en dirección radial presenta una tendencia de incremento desde la médula hacia la corteza (Figura 9) esto coincide con lo reportado por Goche et al. (2000) y puede ser atribuido a la presencia de inclusiones de gomas en el duramen, ocasionando una reducción en la permeabilidad de esta madera, por lo que estas posiciones (médula e intermedio) no presenta valores altos de contenidos de humedad, además que dichas posiciones son xilema no funcional, donde su función principal es la de sostén y no la de conducción.

El Contenido de humedad promedio para *Hymenaea courbaril* L., fue de 48,12 % (±13,6) este resultado difiere de los resultados obtenidos por (Chavesta 2005) quien encontró 58 % de contenido de humedad para la misma especie y Estacio (2008) quien reportó 23,32 %, según Rodríguez et al. (2014) la edad y procedencia de la especie influyen en la densidad y las propiedades mecánicas de la madera; no obstante, estas diferencias se pueden atribuir a

otros factores tales como: el tipo de bosque, tiempo de almacenamiento de la muestra antes de su análisis, factores climáticos y posición longitudinal de extracción de la rodaja.

4.2 Variación radial de la densidad

4.2.1 Variación radial de la densidad básica

En la Figura 10, respecto a la variación de la densidad básica la posición cerca a la médula presentó una densidad básica promedio de 0,78 g/cm^3 (±0,07), en la posición intermedia presentó una densidad básica promedio de 0,79 g/cm^3 (±0,05) y en la posición cerca a la corteza presentó una densidad básica promedio de 0,68 g/cm^3 (±0,09). Siendo las posiciones médula e intermediario estadísticamente iguales.

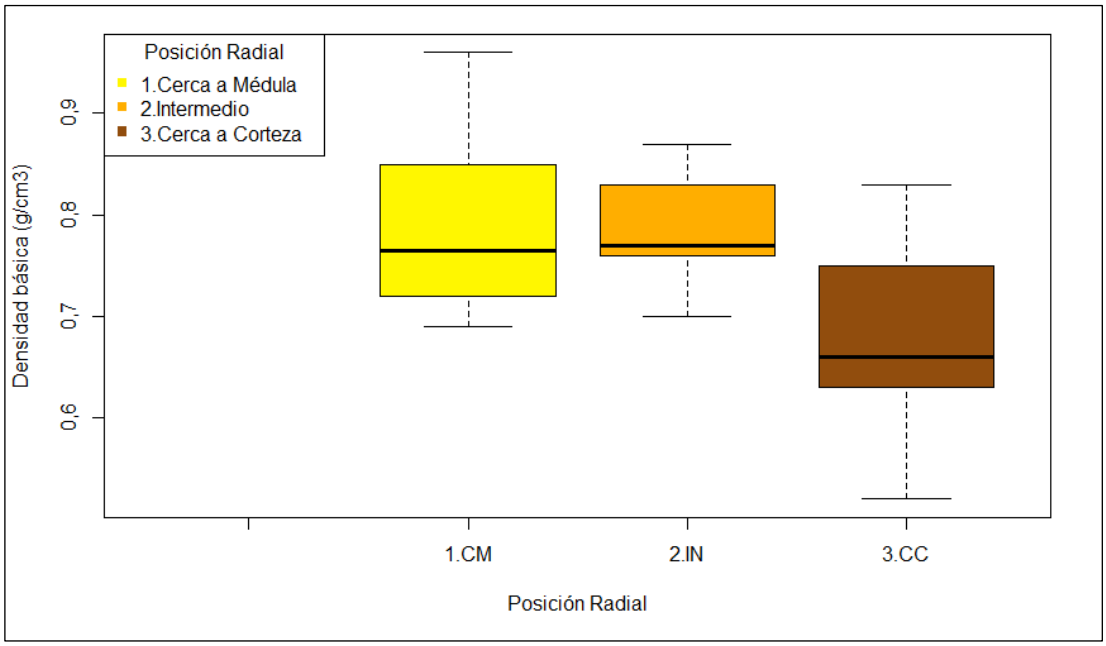

Figura 10. Variación radial de la densidad básica de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Tabla 8. Sistema de hipótesis para la densidad básica

Indicador	Hipótesis	Variable independiente: Distancia médula-corteza
Densidad básica	H_{A-DB}	Existe variación radial significativa de la densidad básica de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.
	H_{0-DB}	No existe variación radial significativa de la densidad básica de la especie *Hymenaea courbaril* L., en dirección médula – corteza.

En la Tabla 8 se muestra la hipótesis a probar con el Análisis de Varianza-ANOVA (Tabla 9), donde se verifica que “P-valor es menor que $\propto = 0.05$ con un nivel de confianza altamente significativo (***)”; por tanto, podemos afirmar lo siguiente: “Con un nivel de confianza superior al 99 % se encontró diferencias significativas en la densidad básica de la madera *Hymenaea courbaril* L., en tres posiciones radiales procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios.”

Tabla 9. ANOVA densidad básica de *Hymenaea courbaril L.*

F.V.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F valor	Pr(>F)	Signif.
Árbol	9	0,220	0,024	8,790	5,280(1)	***
Posición Radial	2	0,207	0,103	37,130	4,700(2)	***
Residual	78	0,217	0,003			

(1). Multiplicado por un factor de 10^{-9}, (2). Multiplicado por un factor de 10^{-12}
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

En la Tabla 10, sobre variación radial de la densidad básica de la madera de *Hymenaea courbaril* L., según la prueba de Tukey efectuada con un 95 % de confianza, se puede afirmar que “La densidad básica de la madera *Hymenaea courbaril* L., cerca de la corteza es estadísticamente diferente e inferior a las maderas de las posiciones intermedia y cerca a la medula”

Tabla 10. Test de Tukey para densidad básica del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L.

Posición Radial	Densidad básica (g/cm^3)
Cerca Médula	0,78±0,07 A
Intermedio	0,79±0,05 A
Cerca Corteza	0,68±0,09 B
Promedio	**0,75±0,09**

A, B, AB. Letras diferentes, difieren estadísticamente (p<0,05) 95% de Confianza.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

La densidad básica de la madera de *Hymenaea courbaril* L, en dirección radial, tomando la clasificación señalada por Panshin y De Zeeuw (1980) presenta una tendencia del tipo III, donde la densidad básica es más alta cerca de la médula que cerca de la corteza, disminuyendo en forma de línea recta o en curva. Dicha tendencia es similar a *Pinus ayacahuite* car. veitchii, que fue estudiada en México por Goche et al. (2000). Dicha variación

presentada por la especie azúcar huayo, se sustenta en razón a que la albura (posición cerca a la corteza) es xilema funcional y presenta células vivas que se dedican a la conducción y no al sostén del árbol, por ello su baja densidad básica en comparación a las otras dos posiciones.

Según Kollman y Coté (1968) citado por Arbildo (2015) la variación en la densidad de la madera se debe a diferencias en estructura y la presencia de componentes extraños. La estructura es caracterizada por la proporción de la cantidad de diferentes tipos de células tales como fibras, traqueidas, vasos, canales resiníferos, rayos leñosos y por sus dimensiones, especialmente el grosor de la pared celular. Tendencias hereditarias, fisiológicas, mecánicas, así como factores del ambiente (suelo, calor, precipitación, viento) afectan la estructura de la madera y por lo tanto su densidad.

El investigador Aróstegui (1982) en su estudio de propiedades físicas de 40 especies maderables tropicales, concluye en que la densidad básica varía desde 0,27 a 1,06 g/cm^3; asimismo, la especie *Hymenaea courbaril* L. pertenecería al Grupo IV, clasificado como Alta (Al) por tener una densidad de entre 0,61 g/cm^3 y 0,75 g/cm^3, en función a ello, este investigador afirma que la densidad de la madera tiene gran influencia en las propiedades mecánicas tales como: resistencia a la flexión, dureza y otras, indica que una madera con densidad alta es importante para el uso en parquet; una de densidad baja, como el palo de balsa, puede ser usado como como material aislante, y finalmente una de las características más sobresalientes de la madera es su baja densidad comparada con su gran resistencia mecánica, razón por la cual es un elemento muy importante en las construcciones.

En la presente investigación, se determinó que la Densidad básica promedio para *Hymenaea courbaril* L., es de 0,75 g/cm^3 (±0,09) este resultado promedio es similar a lo encontrado por Estacio (2008) quien reportó 0,74 g/cm^3, los investigadores (Arevalo y Londoño 2005; WWF-Colombia 2013; Andrade 2015) determinaron valores de 0,77; 0,77 y 0,76 g/cm^3 respectivamente, y se encuentra en el rango que establece (Peña 2014) de 0,69 a 0,91 g/cm^3 y difiere con lo reportado por Chavesta (2005) cuyo valor fue de 0,81 g/cm^3.

4.2.2 Variación radial de la densidad normal

En la Figura 11 se muestra que la posición cerca a la médula presentó una densidad normal promedio de 1,10 g/cm^3 (±0,05) en la posición intermediaria presento una densidad normal promedio de 1,12 g/cm^3 (±0,04) y en la posición cerca a la corteza presento una densidad normal promedio de 1,08 g/cm^3 (±0,07).

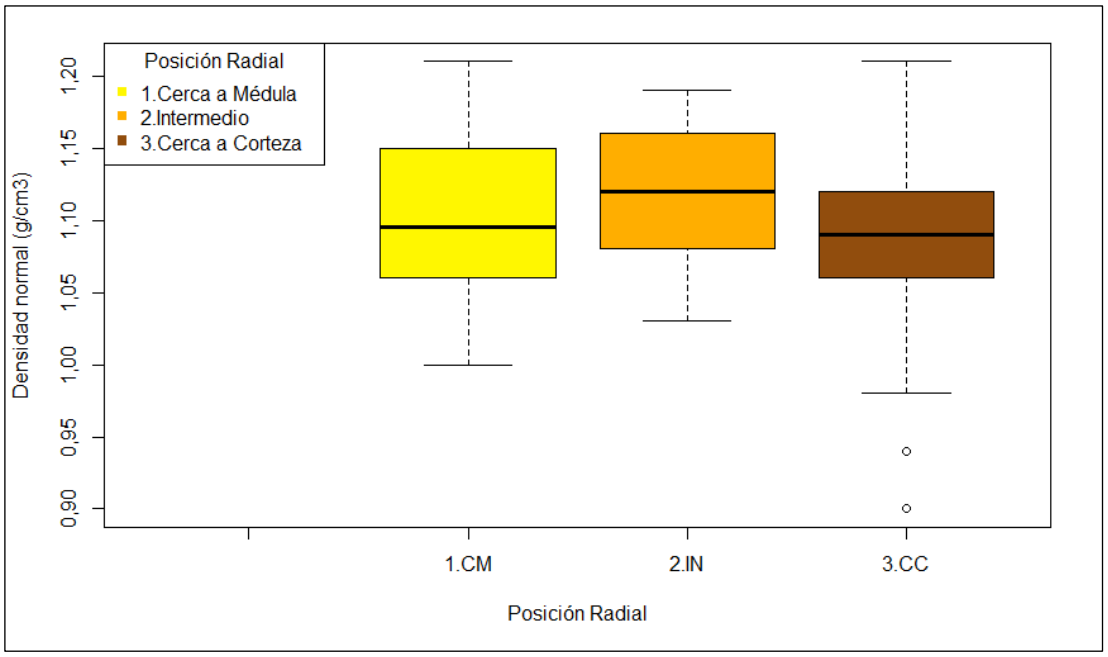

Figura 11. Variación radial de la densidad normal de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Tabla 11. Sistema de hipótesis para densidad normal

Indicador	Hipótesis	Variable independiente Distancia médula-corteza
Densidad normal	H_{A-DN}	Existe variación radial significativa de la densidad normal de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.
	H_{0-DN}	No existe variación radial significativa de la densidad normal de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.

En la Tabla 11 se muestra la hipótesis a probar con el Análisis de Varianza-ANOVA (Tabla 12), se puede apreciar que "P-valor es menor que $\propto = 0.05$ con un nivel de confianza significativo (**)"; por tanto, podemos afirmar lo siguiente: "Con un nivel de confianza superior al 95 % se encontró diferencias significativas en la densidad normal de la madera *Hymenaea courbaril* L., en tres posiciones radiales procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios".

Tabla 12. ANOVA densidad normal de *Hymenaea courbaril L.*

F.V.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F valor	Pr(>F)	Signif.
Árbol	9	0,111	0,012	6,055	2,080(1)	***
Posición Radial	2	0,022	0,011	5,441	6,140(2)	**
Residual	78	0,159	0,002			

(1). Multiplicado por un factor de 10^{-6}, (2). Multiplicado por un factor de 10^{-3}
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Los resultados de la prueba de Tukey se presentan en la Tabla 13, sobre variación radial de la densidad normal, se puede afirmar con un 95 % de certeza que: "La densidad normal de la madera *Hymenaea courbaril* L., en la posición intermedia es estadísticamente diferente y superior a las maderas de las posiciones cerca a la medula y cerca de la corteza"

Tabla 13. Test de Tukey de la densidad normal del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L.

Posición Radial	Densidad Normal (g/cm³)
Cerca Médula	1,10±0,05 **AB**
Intermedio	1,12±0,04 **A**
Cerca Corteza	1,08±0,07 **B**
Promedio	**1,10±0,06**

A, B, AB. Letras diferentes, difieren estadísticamente (p<0,05) 95% de Confianza.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Los resultados obtenidos indican que la densidad normal puede sustentarse bajo el mismo criterio de la densidad básica, por lo que es posible sustentar en razón a que la albura (posición cerca a la corteza) es xilema funcional, y presenta células vivas que se dedican a la conducción y no al sostén del árbol, por ello su baja densidad en comparación a las otras dos posiciones.

4.2.3 Variación radial de la densidad anhidra

En la Figura 12, se muestra que la posición cerca a la médula presentó una densidad anhidra promedio de 0,89 g/cm^3 (±0,07) en la posición intermedia presentó una densidad anhidra promedio de 0,89 g/cm^3 (±0,04) y en la posición cerca a la corteza presentó una densidad anhidra promedio de 0,77 g/cm^3 (±0,10). También, se puede apreciar que en la posición radial cerca a la médula e intermedia se encontró proximidad en la misma densidad anhidra y para el caso de la posición radial cerca a la corteza presentó un menor valor,

habiéndose dado el mismo comportamiento que en la densidad básica y la densidad normal, por tanto, en esta última posición siempre se encontró el menor valor.

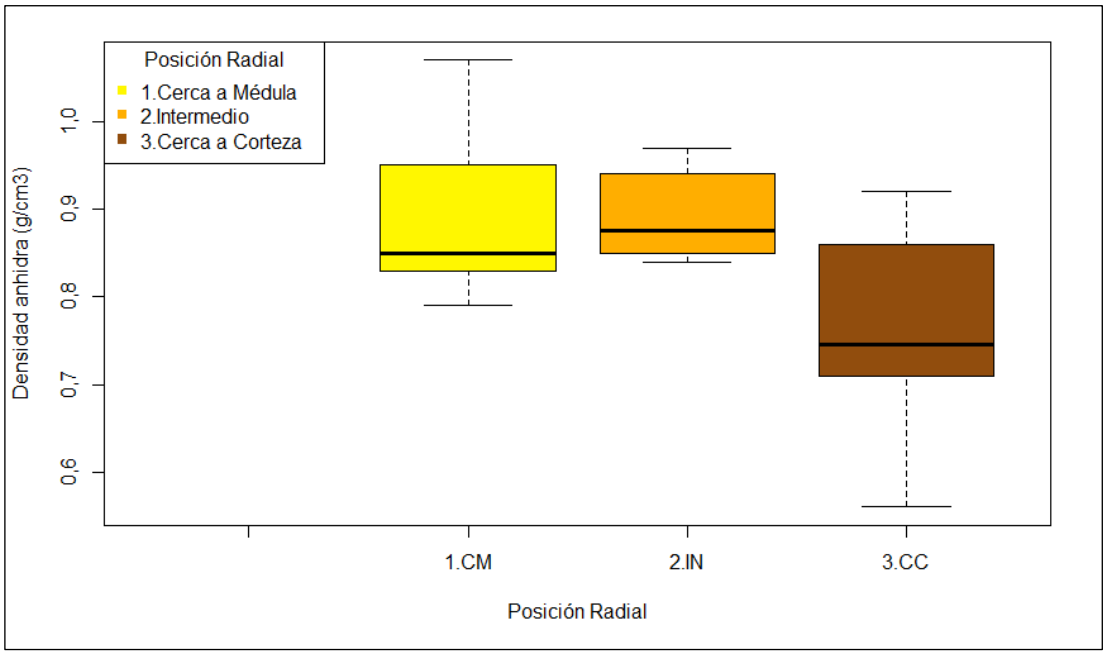

Figura 12. Variación radial de la densidad anhidra de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Tabla 14. Sistema de hipótesis para densidad anhidra

Indicador	Hipótesis	Variable independiente
		Distancia médula-corteza
Densidad anhidra	H_{A-ANH}	Existe variación radial significativa de la densidad anhidra de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.
	H_{0-ANH}	No existe variación radial significativa de la densidad anhidra de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.

En la Tabla 14 se muestra la hipótesis a probar con el Análisis de Varianza-ANOVA (Tabla 15), en donde se encontró que “P-valor es menor que $\propto = 0.05$ con un nivel de confianza altamente significativo (***)”; por tanto, podemos afirmar lo siguiente: “Con un nivel de confianza superior al 99 % encontró diferencias significativas en la densidad anhidra de la madera *Hymenaea courbaril* L., en tres posiciones radiales procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios”.

Tabla 15. ANOVA densidad anhidra de *Hymenaea courbaril L.*

F.V.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F valor	Pr(>F)	Signif.
Árbol	9	0,249	0,028	7,899	3,400(1)	***
Posición Radial	2	0,298	0,149	42,450	3,360(2)	***
Residual	78	0,274	0,004			

(1). Multiplicado por un factor de 10^{-8}, (2). Multiplicado por un factor de 10^{-13}
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Los resultados de la prueba de Tukey efectuada con un 95 % de confianza se presentan en la Tabla 16, se puede afirmar que "La densidad anhidra de la madera *Hymenaea courbaril* L., en la posición cerca a la corteza es estadísticamente diferente e inferior a las maderas de las posiciones cerca a la medula e intermedia"

Tabla 16. Test de Tukey para densidad anhidra del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L.

Posición Radial	Densidad Anhidra (g/cm^3)
Cerca Médula	0,89±0,07 A
Intermedio	0,89±0,04 A
Cerca Corteza	0,77±0,10 B
Promedio	**0,85±0,10**

A, B, AB. Letras diferentes, difieren estadísticamente (p<0,05) 95% de Confianza.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

La densidad anhidra promedio para *Hymenaea courbaril*, es de 0,85 g/cm^3 (±0,10) este resultado promedio es igual a lo encontrado por Andrade (2015) y menor a los encontrado por Arevalo y Londoño (2005) de 0,88 g/cm^3, siendo una diferencia mínima con este autor.

Las densidades promedio de la madera de *Hymenaea courbaril*, graficando en la Figura 13, se puede ver las variaciones de las densidades Normal, anhidra y básica de la madera en estudio, en donde se verifica que la densidad normal será mayor y la densidad básica será menor, comportamiento típico en maderas.

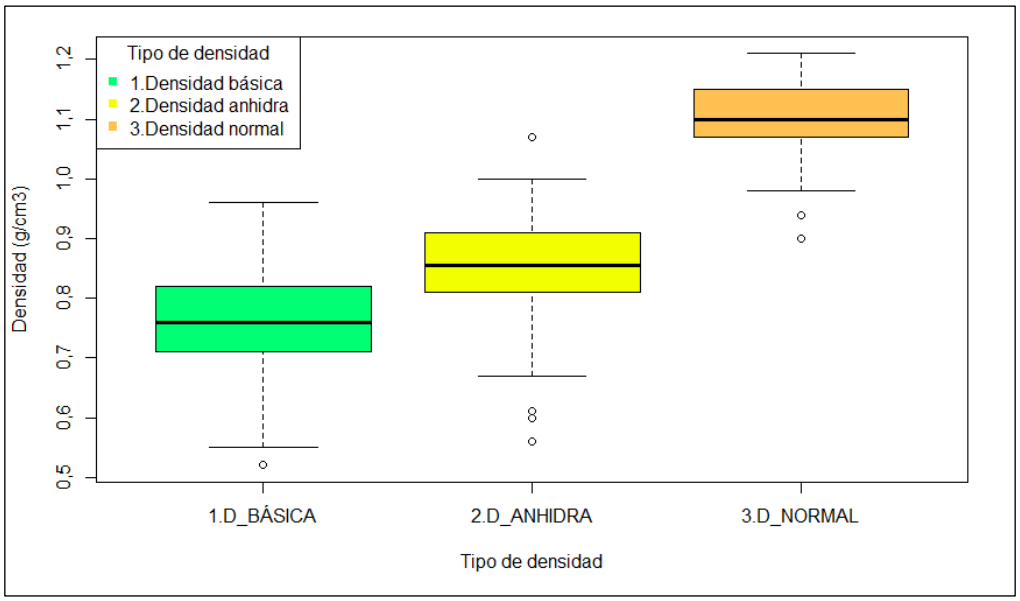

Figura 13. Tipos de densidades de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

4.3 Variación radial de la contracción

4.3.1 Variación radial de la contracción radial

En la Figura 14 se muestra que la posición cerca a la médula presentó una contracción radial promedio de 4,60 % (±0,73), en la posición intermedia presentó una contracción radial promedio de 4,91 % (±0,83) y en la posición cerca a la corteza presentó una contracción radial promedio de 4,35 % (±1,01).

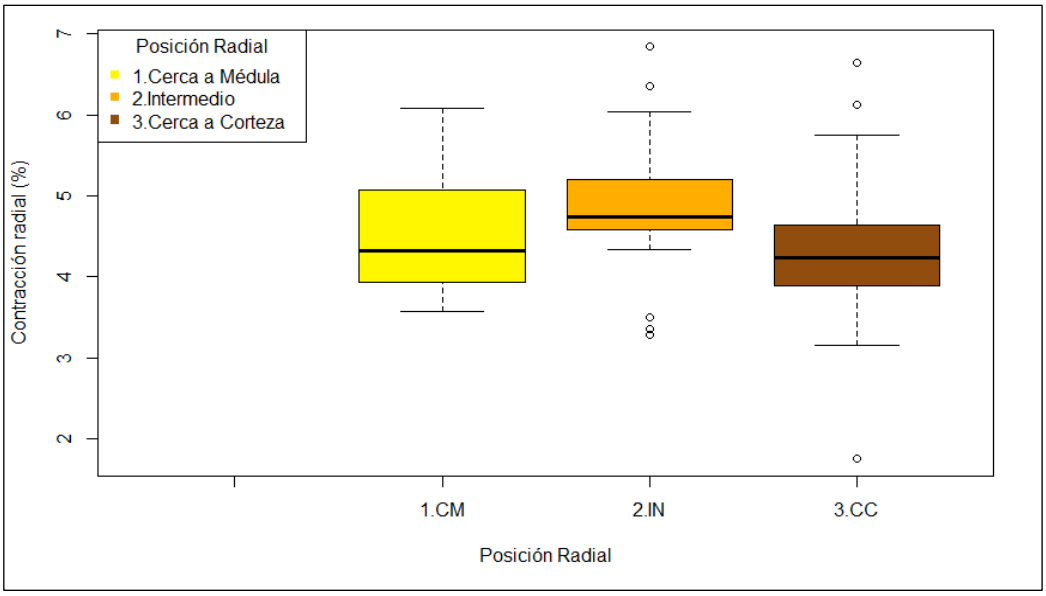

Figura 14. Variación radial de la contracción radial de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Tabla 17. Sistema de hipótesis para contracción radial

Indicador	Hipótesis	Variable independiente
		Distancia médula-corteza
Contracción radial	H_{A-CR}	Existe variación radial significativa de la contracción radial de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.
	H_{0-CR}	No existe variación radial significativa de la contracción radial de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.

En la Tabla 17 se muestra la hipótesis a probar con el Análisis de Varianza-ANOVA (Tabla 18), donde se observa que "P-valor es menor que $\propto = 0.05$ con un nivel de confianza poco significativo (*)"; no obstante, podemos afirmar lo siguiente: "Con un nivel de confianza del 95 % se encontró diferencias significativas en la contracción radial de la madera *Hymenaea courbaril* L., en tres posiciones radiales procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios."

Tabla 18. ANOVA contracción radial de *Hymenaea courbaril L.*

F.V.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F valor	Pr(>F)	Signif.
Árbol	8	31,927	3,927	10,335	2,730(1)	***
Posición Radial	2	2,492	1,246	3,279	4,380(2)	*
Residual	67	25,458	0,380			

(1). Multiplicado por un factor de 10^{-9}, (2). Multiplicado por un factor de 10^{-2}
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Los resultados de la prueba de Tukey efectuada con un 95 % de confianza se presentan en la Tabla 19, se puede afirmar que "La contracción radial de la madera *Hymenaea courbaril* L., en la posición intermedia es estadísticamente diferente y superior a las maderas de las posiciones cerca a la medula y cerca de la corteza"

Tabla 19. Test de Tukey de contracción radal del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L.

Posición Radial	Contracción Radial (%)
Cerca Médula	4,60±0,73 AB
Intermedio	4,91±0,83A
Cerca Corteza	4,35±1,01B
Promedio	**4,62±0,88**

A, B, AB. Letras diferentes, difieren estadísticamente (p<0,05) 95 % de Confianza.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

De los resultados obtenidos en la contracción radial, se observó que la posición intermedia presentó mayor contracción que las otras dos posiciones, esto puede ser atribuido a esta posición, por presentar mayor concentración de gomas y su eliminación en el proceso de secado a 103 °C pudo posibilitar la pérdida de peso y su mayor contracción, al ser una región del duramen y presentar mayores infiltraciones en sus vasos o poros.

La contracción radial promedio para *Hymenaea courbaril* L, es de 4,62 % (±0,88), este resultado promedio es igual a lo encontrado por (Peña 2014) con el rango de 3,4 a 4,6 % y menores a los encontrados por (Arevalo y Londoño 2005; WWF-Colombia 2013; Andrade 2015) de 4,20; 4,20 y de 3,40 % respectivamente.

4.3.2 Variación radial de la contracción tangencial

En la Figura 15 se muestra que la posición cerca a la médula presentó una contracción tangencial promedio de 9,06 % (±1,22) en la posición intermedia presentó una contracción tangencial promedio de 8,77 % (±1,76) y en la posición cerca a la corteza presentó una contracción tangencial promedio de 7,36 % (±1,56).

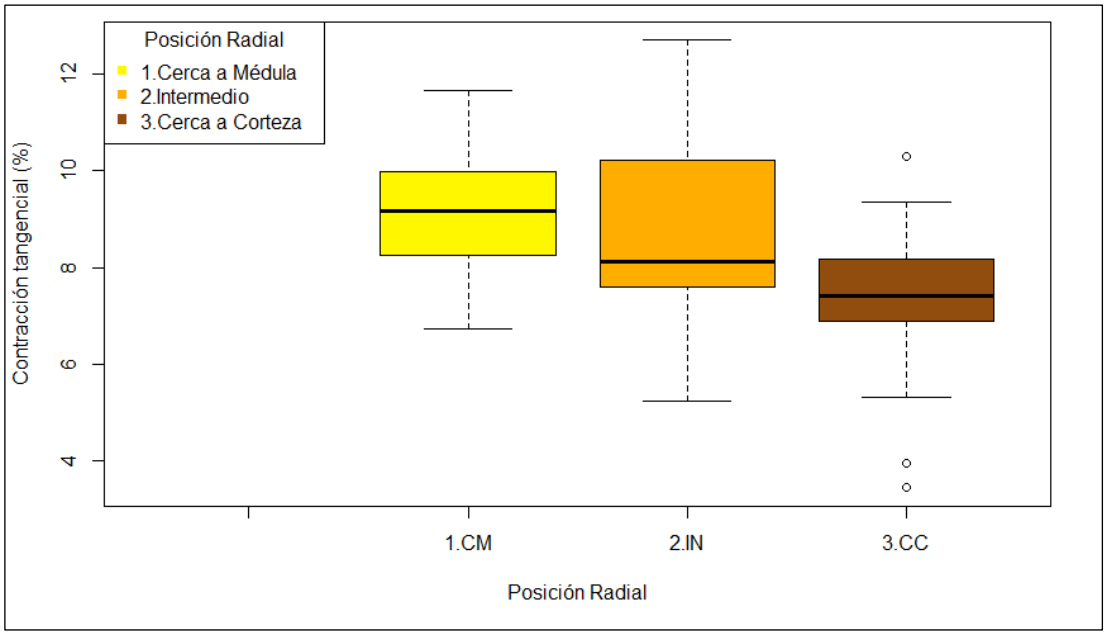

Figura 15. Variación radial de contracción tangencial de madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios. Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Tabla 20. Sistema de hipótesis para contracción tangencial

Indicador	Hipótesis	Variable independiente
		Distancia médula-corteza
Contracción tangencial	H_{A-CT}	Existe variación radial significativa de la contracción tangencial de la especie Hymenaea courbaril L., en dirección médula – corteza.
	H_{0-CT}	No existe variación radial significativa de la contracción tangencial de la especie Hymenaea courbaril L., en dirección médula – corteza.

En la Tabla 20 se muestra la hipótesis a probar con el Análisis de Varianza-ANOVA (Tabla 21), se observa que "P-valor es menor que $\propto = 0.05$ con un nivel de confianza altamente significativo (***)"; por tanto, podemos afirmar lo siguiente: "Con un nivel de confianza superior al 99 % se encontró diferencias significativas en la contracción tangencial de la madera *Hymenaea courbaril* L., en tres posiciones radiales procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios."

Tabla 21. ANOVA contracción tangencial de *Hymenaea courbaril L.*

F.V.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F valor	Pr(>F)	Signif.
Árbol	8	81,750	10,219	6,658	2,110(1)	***
Posición Radial	2	34,890	17,446	11,367	5,510(2)	***
Residual	67	104,370	1,535			

(1). Multiplicado por un factor de 10^{-6}, (2). Multiplicado por un factor de 10^{-5}
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Los resultados de la prueba de Tukey efectuada con un 95 % de confianza se presentan en la Tabla 22, se puede afirmar que "La contracción tangencial de la madera *Hymenaea courbaril* L., en la posición cerca a la medula es superior a las maderas de las posiciones intermedia y cerca de la corteza, además estadísticamente igual a la posición intermedia"

Tabla 22. Test de Tukey para contracción tangencial del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L.

Posición Radial	Contracción Tangencial (%)
Cerca Médula	9,06±1,22 A
Intermedio	8,77±1,76A
Cerca Corteza	7,36±1,56B
Promedio	**8,42±1,68**

A, B, AB. Letras diferentes, difieren estadísticamente (p<0,05) 95 % de Confianza
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Se observa que la contracción tangencial en posición radial cerca de la médula e intermedia son estadísticamente iguales y en la posición radial cerca a la corteza es menor, con respecto a la contracción tangencial. Este resultado puede interpretarse al igual que la contracción radial, debido a que el xilema no funcional (médula e intermedio) al ser una región dedicada al sostén del árbol presenta mayores concentraciones de inclusiones en sus vasos por gomas los cual puede ser la causa de una mayor contracción tangencial en estas regiones.

La contracción tangencial promedio para *Hymenaea courbaril* L, es de 8,42 % (±1,22), este resultado promedio comparada con otros autores es menor (Peña 2014; Arevalo y Londoño 2005; WWF-Colombia 2013; Andrade 2015) de 7,4; 7,40; 7,0 a 7,5; y de 7,70 % respectivamente.

4.3.3 Variación radial de la contracción longitudinal

En la Figura 16 se muestra que la posición cerca a la médula presentó una contracción longitudinal promedio de 0,49 % (±0,30), en la posición intermediaria presento una contracción longitudinal promedio de 0,69 % (±0,58) y en la posición cerca a la corteza presento una contracción longitudinal promedio de 0,76 % (±0,44).

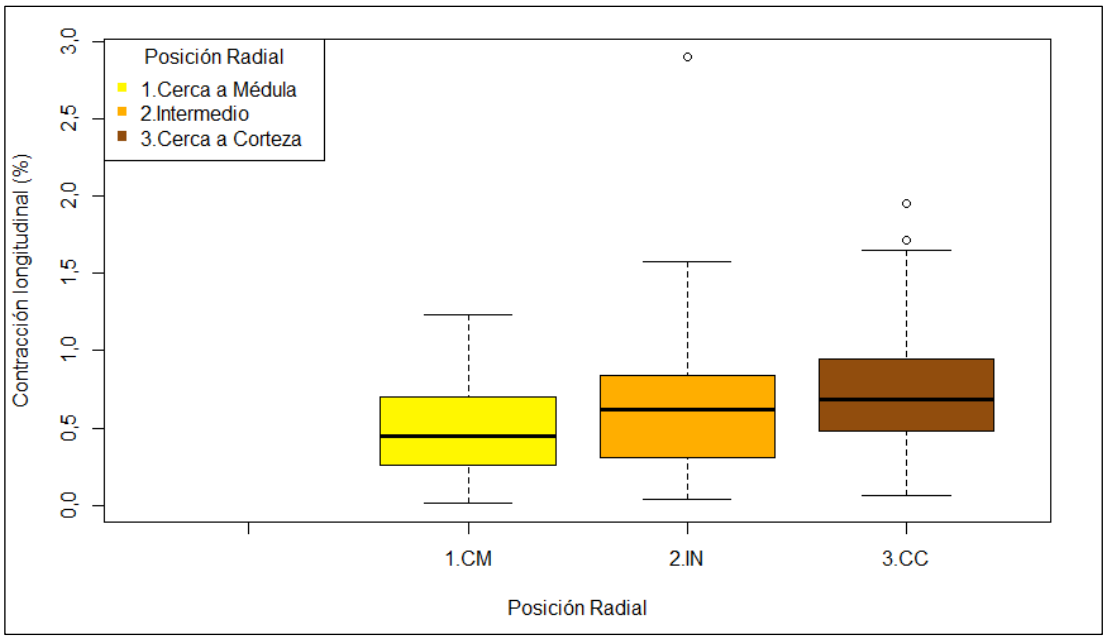

Figura 16. Variación radial de la contracción longitudinal de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, región de Madre de Dios.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Tabla 23. Sistema de hipótesis para contracción longitudinal

Indicador	Hipótesis	Variable independiente
		Distancia médula-corteza
Contracción longitudinal	H_{A-CL}	Existe variación radial significativa de la contracción longitudinal de la especie Hymenaea courbaril L., en dirección médula – corteza.
	H_{0-CL}	No existe variación radial significativa de la contracción longitudinal de la especie Hymenaea courbaril L., en dirección médula – corteza.

En la Tabla 23 se muestra la hipótesis a probar con el Análisis de Varianza-ANOVA (Tabla 24), se observa que "P-valor es menor que $\propto = 0.05$ con un nivel de confianza poco significativo (*)"; por tanto, podemos afirmar lo siguiente: "Con un nivel de confianza del 95 % se encontró diferencias significativas en la contracción longitudinal de la madera *Hymenaea courbaril* L., en tres posiciones radiales procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios."

Tabla 24. ANOVA contracción longitudinal de *Hymenaea courbaril L*.

F.V.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F valor	Pr(>F)	Signif.
Árbol	9	4,299	0,478	2,669	9,370(1)	**
Posición Radial	2	1,140	0,570	3,184	4,685(2)	*
Residual	78	13,958	0,179			

(1). Multiplicado por un factor de 10^{-3}, (2). Multiplicado por un factor de 10^{-2}
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Los resultados de la prueba de Tukey efectuada con un 95 % de confianza se presentan en la Tabla 25, se puede afirmar que "La contracción longitudinal de la madera *Hymenaea courbaril* L., en la posición cerca de la corteza es superior y estadísticamente diferente a las maderas de las posiciones cerca de la medula e intermedia"

Tabla 25. Test de Tukey para contracción longitudinal del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L.

Posición Radial	Contracción Longitudinal (%)
Cerca Médula	0,49±0,30 **B**
Intermedio	0,69±0,58 **AB**
Cerca Corteza	0,76±0,44 **A**
Promedio	**0,65±0,47**

A, B, AB. Letras diferentes, difieren estadísticamente (p<0,05) 95 % de Confianza.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Según los resultados, se encontró que la contracción longitudinal promedio para *Hymenaea courbaril* L., es de 0,65 % (±0,47) este valor puede ser interpretado estadísticamente como la media o el promedio, al respecto no se encontró información de esta propiedad física en las bibliografías revisadas, por tanto, representa un aporte en la investigación de esta especie.

4.3.4 Variación radial de la contracción volumétrica

En la Figura 17 se muestra que la posición cerca a la médula presentó una contracción volumétrica promedio de 11,63 % (±1,60) en la posición intermedia presentó una contracción volumétrica promedio de 11,64 % (±2,14) y en la posición cerca a la corteza presento una contracción volumétrica promedio de 10,54 % (±1,85) por tanto, se encontró que la posición radial cerca de la médula e intermedia son estadísticamente iguales y en la posición radial cerca a la corteza es menor.

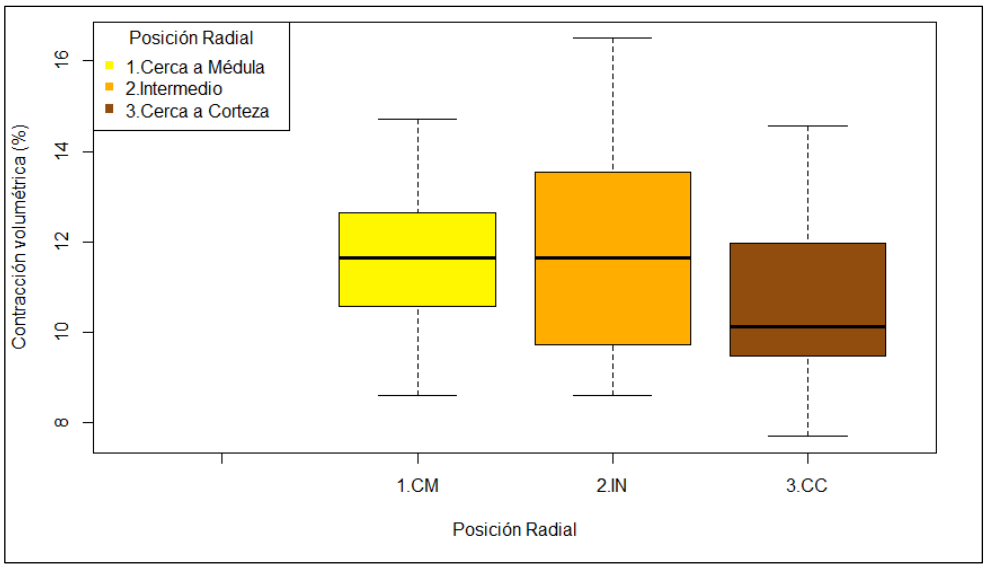

Figura 17. Variación radial de la contracción volumétrica de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región de Madre de Dios.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Tabla 26. Sistema de hipótesis para contracción volumétrica

Indicador	Hipótesis	Variable independiente
		Distancia médula-corteza
Contracción volumétrica	H_{A-CV}	Existe variación radial significativa de la contracción volumétrica de la especie *Hymenaea courbaril* L., en dirección médula – corteza.
	H_{0-CV}	No existe variación radial significativa de la contracción volumétrica de la especie *Hymenaea courbaril* L., en dirección médula – corteza.

En la Tabla 26 se muestra la hipótesis a probar con el Análisis de Varianza-ANOVA (Tabla 27), se aprecia que "P-valor es menor que $\propto = 0.05$ con un nivel de confianza significativo (**)" por tanto, podemos afirmar lo siguiente: "Con un nivel de confianza superior al 95 % podemos hallar diferencias significativas entre la contracción volumétrica de la madera *Hymenaea courbaril* L., en tres posiciones radiales procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios.

Tabla 27. ANOVA contracción volumétrica de *Hymenaea courbaril L.*

F.V.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F valor	Pr(>F)	Signif.
Árbol	9	173,200	19,245	11,356	3,730(1)	***
Posición Radial	2	24,190	12,094	7,136	1,420(2)	**
Residual	78	132,190	1,695			

(1). Multiplicado por un factor de 10^{-11}, (2). Multiplicado por un factor de 10^{-3}

Los resultados de la prueba de Tukey efectuada con un 95 % de confianza se presentan en la Tabla 28, se puede afirmar que "La contracción volumétrica de la madera *Hymenaea courbaril* L., en la posición cerca de la corteza es inferior y estadísticamente diferente a las maderas de las posiciones cerca de la medula e intermedia"

Tabla 28. Test de Tukey para contracción volumétrica del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L.

Posición Radial	Contracción Volumétrica (%)
Cerca Médula	11,63±1,60^{A}
Intermedio	11,64±2,14^{A}
Cerca Corteza	10,54±1,85^{B}
Promedio	**11,27±1,92**

$^{A, B, AB}$. Letras diferentes, difieren estadísticamente (p<0,05) 95 % de Confianza
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Con respecto a la clasificación, los investigadores Vignote y Martínez (2006) aplicaron la siguiente clasificación en función a los valores de la contracción volumétrica: contracción pequeña de 5 a 10 %, contracción mediana de 10 a 15 % y gran contracción de 15 a 20 %; por tanto, la especie *Hymenaea courbaril* L., le corresponde la calificación de contracción mediana, debido a que su contracción volumétrica promedio fue de 11,27 % (±1,92), el resultado

encontrado en promedio comparada con otros autores es similar a lo reportado por (Peña 2014; Arevalo y Londoño 2005; WWF-Colombia 2013) de 11,2; 11,2 y 10,5 a 12,6 % respectivamente y menor a (Andrade 2015) quien reportó 11,40 %. Entonces, se demuestra la teoría de la relación entre la densidad básica y la contracción volumétrica que estableció Aróstegui (1982) quien afirmó que a menor densidad básica, menor contracción volumétrica y a mayor densidad básica mayor contracción volumétrica; en el caso del *Azúcar huayo,* podemos ver que se cumple esta condición (Tabla 27).

Tabla 29. Densidad básica y contracción volumétrica de *Hymenaea courbaril L.*

Posición de la probeta	Densidad Básica g/cm^3	Contracción Volumétrica %
Cerca de Médula	0,78	11,63
Intermedia	0,79	11,64
Cerca de corteza	0,68	10,54

Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Las contracciones promedio de la madera de *Hymenaea courbaril* L., graficando en la Figura 18, se puede ver la anisotropía dimensional de la madera en estudio, esta gráfica muestra el diferente comportamiento físico que presenta y además de ser un comportamiento típico en maderas.

La Universidad Católica del Norte (2009) citado por Arbildo (2015) indica que la madera cambia de volumen según la humedad que contiene, cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la dirección axial o de las fibras, no pasa del 0,8 por ciento; de 1 a 7,8 por ciento, en dirección radial, y de 5 a 11,5 por ciento, en la tangencial, la contracción es mayor en el duramen originando tensiones por desecación que agrietan y alabean la madera, también manifiesta que como la madera tiene naturaleza anisotrópica, los cambios dimensionales normales de la madera son de magnitud diferentes en las direcciones tangenciales, radiales y longitudinales. La contracción tangencial es 1,5 a 3 veces mayor que la contracción radial y la contracción longitudinal es normalmente despreciable en la madera, este comportamiento puede verificarse para el caso de la madera de *Hymenaea courbaril* L. (Figura 18) donde se representa su anisotropía dimensional.

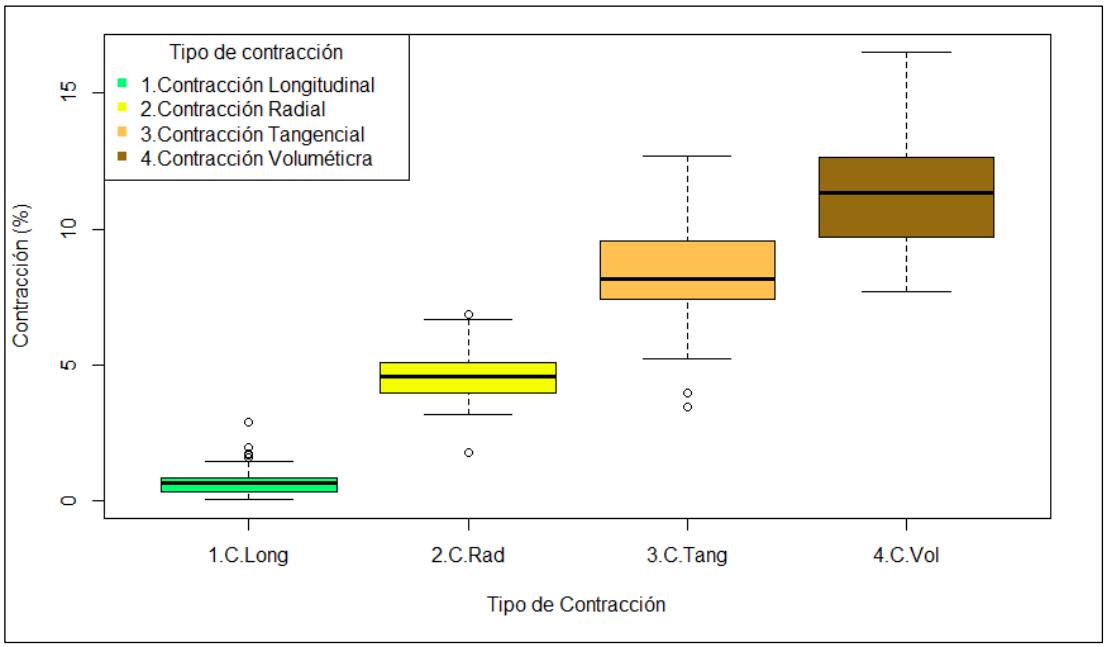

Figura 18. Anisotropía dimensional de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios.
Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

4.4 Variación radial del índice de estabilidad

En la Figura 19 se muestra que la posición cerca a la médula presentó el mayor índice de estabilidad promedio de 2,01 (±0,22) en la posición intermedia se encontró un menor índice de estabilidad promedio de 1,79 (±0,22) y en posición cerca a la corteza presentó un índice de estabilidad promedio de 1,81 (±0,74).

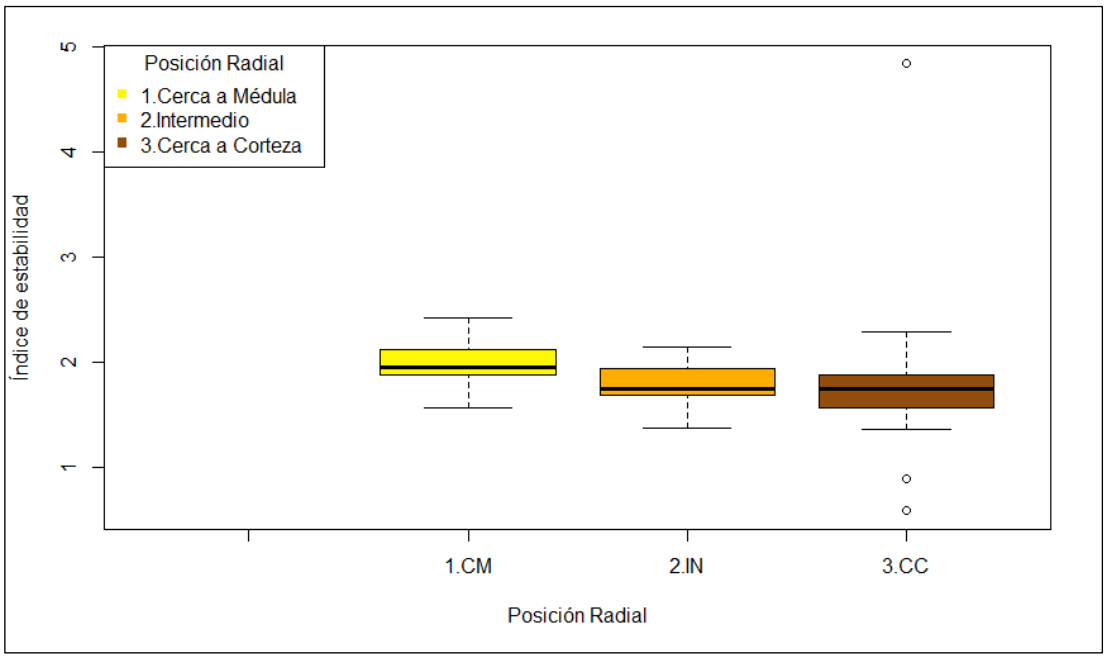

Figura 19. Variación radial del índice de estabilidad de la madera de *Hymenaea courbaril* L., procedentes del Consolidado Maderacre, provincia de Tahuamanu, región Madre de Dios.

Tabla 30. Sistema de hipótesis para la variable índice de estabilidad

Variable dependiente	Hipótesis	Variable independiente
		Distancia médula-corteza
Índice de estabilidad	H_{A4}	Existe variación radial significativa del índice de estabilidad de la especie Hymenaea courbaril L., en dirección médula – corteza.
	H_{04}	No existe variación radial significativa del índice de estabilidad de la especie Hymenaea courbaril L., en dirección médula – corteza.

En la Tabla 26 se muestra la hipótesis a probar con el Análisis de Varianza-ANOVA (Tabla 27), se puede verificar que el que "P-valor es mayor que $\propto = 0.05$"; por tanto, podemos afirmar lo siguiente: "Con un nivel de confianza superior al 99 % no existe evidencia estadística significativa para afirmar, que hay diferencia entre el índice de estabilidad de la madera *Hymenaea courbaril* L., en tres posiciones radiales procedentes del Consolidado Maderacre, provincia del Tahuamanu, región de Madre de Dios"

Tabla 31. ANOVA índice de estabilidad de *Hymenaea courbaril L.*

F.V.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F valor	Pr(>F)	Signif.
Árbol	8	1,899	0,237	1,197	0,314	-
Posición Radial	2	0,775	0,388	1,955	0,150	-
Residual	67	13,286	0,198			

Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

Los resultados de la prueba de Tukey efectuada con un 95 % de confianza se presentan en la Tabla 32, se puede afirmar que "El índice de estabilidad de la madera *Hymenaea courbaril* L., en la posición cerca de la medula es superior a las maderas de las posiciones intermedia y cerca de la corteza, sin embrago estadísticamente iguales"

Tabla 32. Propiedades físicas contracción e índice de estabilidad del leño en tres posiciones radiales de *Hymenaea courbaril* L. ANOVA y Test de Tukey

Posición Radial	Relación T/R*
Cerca de Médula	2,01±0,22 [A]
Intermedia	1,79±0,22 [A]
Cerca de corteza	1,81±0,74 [A]
Promedio	**1,87±0,46**

[A, B, AB]. Letras diferentes, difieren estadísticamente (p<0,05) 95 % de Confianza, *. Índice de estabilidad

Fuente: Datos experimentales del Anexo III, procesado con RStudio© Versión 1.1.456.

El índice de estabilidad promedio reportado en la presente investigación según Tabla 32, es de 1,87 (±0,46) clasificado según Apicultors Gironins Associats-AGA (2014) como “madera medianamente estable para secado”, la comparación de este resultado promedio es similar a lo reportado por otros autores: mayor a 1,8 según Peña 2014; Arevalo y Londoño (2005) menor a 2,26 encontrado por Andrade (2015) y mayor a 1,76 según WWF-Colombia (2013).

De los resultados obtenidos, podemos observar que el mejor índice de estabilidad se encontró en la posición intermedia que corresponde al duramen y es la región comercial del azúcar huayo, en vista que su valor en comparación con las otras posiciones radiales, es el que más se acerca a la unidad, el valor de éste índice es muy importante porque según (Aróstegui 1982) “el índice de estabilidad cuando se acerca a 1 significa que la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.”

4.5 Prueba de hipótesis de la investigación

De acuerdo a lo establecido en el apartado 1.6 de la presente investigación, el sistema de hipótesis propuesto se presenta en la Tabla 23.

Tabla 33. Sistema de hipótesis de la investigación

Variable dependiente	Hipótesis	Variable independiente
		Distancia médula-corteza
Propiedades físicas	H_A	Existe variación radial significativa de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.
	H_0	No existe variación radial significativa de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.

$H_A =$ Hipótesis alternativa
$H_0 =$ Hipótesis nula

Las propiedades físicas determinadas en la presente investigación correspondiente a la especie *Hymenaea courbaril* L. fueron las siguientes:

$Y_1 =$ Contenido de humedad en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. $(CH\%)$

$Y_2 =$ Densidad básica, anhidra y normal en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (D_B, D_{ANH}, D_N)

$Y_3 =$ Contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (C_R, C_T, C_L, C_V)

$Y_4 =$ Índice de estabilidad en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (T/R)

Finalmente, con la información obtenida en los apartados 4.1 a 4.4, construimos la Tabla 34, que resume el resultado de la prueba de hipótesis para las cuatro variables de investigación, esto se presenta a continuación.

Tabla 34. Resultado de prueba de hipótesis para variables de la investigación

Variable	Simbología	Hipótesis aceptada	Proposición de hipótesis aceptada
Contenido de humedad	$CH\%$	H_{A1}	Existe variación radial significativa del contenido de humedad de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.
Densidad	D	H_{A2}	Existe variación radial significativa de la densidad de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.
Contracción	C	H_{A3}	Existe variación radial significativa de la contracción de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.
Índice de estabilidad	T/R	H_{04}	No existe variación radial significativa del índice de estabilidad de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza

$\mathrm{H_A} =$ Hipótesis alternativa
$\mathrm{H_0} =$ Hipótesis nula

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el contenido de humedad de la madera *Hymenaea courbaril* L., cerca de la corteza es estadísticamente diferente y superior a las maderas de las posiciones intermedia y cerca a la medula, resultando ser de 60,30%, 43,08% y 40,96% respectivamente, y el contenido promedio fue de 48,12%, este resultado difiere de lo reportado para la misma especie por otros investigadores como Chavesta (2005) que encontró 58 % y Estacio (2008) quien reportó 23,32 %; estas diferencias pueden ser atribuidas a distintos factores, además dicho contenido de humedad en dirección radial presentó una tendencia de incremento desde la médula hacia la corteza coincidiendo con lo reportado por Goche et al. (2000).
2. Se logró determinar que la densidad básica de la madera *Hymenaea courbaril* L., cerca de la corteza es estadísticamente diferente e inferior a las maderas de las posiciones intermedia y cerca a la medula, la densidad normal en la posición intermedia resultó ser estadísticamente diferente y superior a las maderas de las posiciones cerca a la medula y cerca de la corteza y la densidad anhidra en posición cerca a la corteza fue estadísticamente diferente e inferior a las maderas de las posiciones cerca a la medula e intermedia, los valores promedio fueron de 0,75, 1,10 y 0,85 g/cm^3 respectivamente.
3. Se determinó que la contracción radial de la madera *Hymenaea courbaril* L., en la posición intermedia fue estadísticamente diferente y superior a las maderas de las posiciones cerca a la medula y cerca de la corteza, la contracción tangencial en la posición cerca a la medula fue superior a las maderas de las posiciones intermedia y cerca de la corteza, además estadísticamente igual a la posición intermedia, la contracción longitudinal en la posición cerca de la corteza fue superior y estadísticamente diferente a las maderas de las posiciones cerca de la medula e intermedia y la contracción volumétrica en la posición cerca de la corteza fue inferior y estadísticamente diferente a las maderas de las posiciones cerca de la medula e intermedia, los valores promedio fueron de 4,62, 8,42, 0,65 y 11,27 % respectivamente.

4. Se determinó que el índice de estabilidad de la madera *Hymenaea courbaril* L., en la posición cerca de la medula es superior a las maderas de las posiciones intermedia y cerca de la corteza, sin embrago fueron estadísticamente iguales, el valor promedio encontrado fue de 1,87, por tanto puede ser clasificada según Apicultors Gironins Associats-AGA (2014) como madera medianamente estable para secado.
5. La prueba de hipótesis estadística de la investigación, encontró evidencia estadística para aceptar la hipótesis alternativa en el caso de las variables: contenido de humedad, densidad y contracción, por tanto, se pudo afirmar que dichas variables presentan variación radial significativa en dirección médula-corteza; no obstante, para el caso de la variable índice de estabilidad la prueba de hipótesis determinó un 15 % de probabilidad de que la hipótesis nula sea verdadera; por tanto no fue posible rechazarla, consecuentemente, se llegó a la conclusión de que no existe variación radial significativa del índice de estabilidad de la especie Hymenaea courbaril L., en dirección médula – corteza.

SUGERENCIAS

En función a la investigación realizada se pueden sugerir las siguientes cuestiones básicas:

Es necesario empezar a realizar investigaciones especializadas a nivel tecnológico de la madera, como la presente investigación.

Es importante complementar investigaciones de variación longitudinal de la especie.

Por otro lado, si los tesistas de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, van a realizar la caracterización de especies poco conocidas en la industria, estos árboles se pueden aprovechar para realizar investigaciones especializadas en la variación radial y longitudinal de especies tropicales.

Es importante en futuras investigaciones sobre el tema realizar los estudios anatómicos en la variación radial para poder interpretar de mejor forma los resultados de las propiedades físicas de las maderas tropicales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A., 2015. *Woodflooring: brazilian species characteristics*. Piracicaba - Brasil: ANPM. ISBN 978-85-65161-05-3.

ANDRES, B., JANKOWSKA, A., KLOCH, M., MAZUREK, A. y OLEKSIEWICZ, A., 2015. A study of natural durability of wood in selected tropical wood species from South America and Africa affected by the fungus Serpula lacrymans (Wulf ., Fr .) Schroet . , vol. 17, pp. 11-17.

APICULTORS GIRONINS ASSOCIATS-AGA, 2014. Acondicionamiento de la madera. *30/01/2014* [en línea]. [Consulta: 6 noviembre 2018]. Disponible en: http://www.aga.cat/index.php/es/articulos/articulos-de-interes/varios/385-acondicionamiento-de-la-madera.

ARBILDO, L., 2015. *Determinación de los valores de algunas propiedades físicas y su variación por niveles de fuste de la madera de dipteryx odorata (Shihuahuaco) de una plantación de tres años de edad del distrito de Campoverde, región Ucayali* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ucayali. [Consulta: 6 noviembre 2018]. Disponible en: http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1567.

AREVALO, R. y LONDOÑO, A., 2005. *Manual para la identificación de maderas que se comercializan en el departamento del TOLIMA*. Primera. Tolima - Colombia: s.n. ISBN 958 - 33 - 8849 - 1.

ARÓSTEGUI, A., 1982. *Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas.* S.l.: PNUD-FAO.

ASENSI, V. y PARRA, A., 2002. El método científico y la nueva filosofía de la ciencia. *Anales de Documentación*, vol. 5.

BALUARTE, A. y AROSTEGUI, J., 1991. Usos probables de las maderas de 20 especies del departamento de Loreto. *Folia Amazónica*, vol. 3, pp. 59-79.

BENDTSEN, B. y SENFT, J., 2007. Mechanical and Anatomical Properties in Individual Growth Rings of Plantation-Grown Eastern Cottonwood and Loblolly Pine. *Wood and Fiber Science*, vol. 18, no. 1, pp. 23-38. ISSN 0735-6161.

BOWYER, J., SHMULSKY, R. y HAYGREEN, J., 2007. *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. S.l.: Wiley. ISBN 9780813820361.

CASTRO, V., 2011. Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades físicas do lenho de árvores de Pinus caribaea var. hondurensis Barr. et Golf. e Tectona grandis (L.f.). [en línea], [Consulta: 13 octubre 2018]. DOI 10.11606/D.11.2011.tde-13092011-112235. Disponible en: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-13092011-112235/.

CCANTO, G., 2014. *Metodología de la investigación científica en ingeniería química y ambiental*. 1ra. Huancayo: Peruana, Editorial Cultura. ISBN 978-968-532-22-14.

CHAMBI, R., 2016. *Efeito do potássio e do sódio no crescimento e nas propriedades do lenho de árvores de Eucalyptus grandis sob duas condições de regime hídrico*. S.l.: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

CHAVESTA, M., 2005. *Maderas para Pisos*. Lima - Perú: s.n.

DE CASTRO, J., TOMAZELLO, M., DA SILVA, J. y DE CASTRO, V., 2007. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex . Maiden. *Revista Árvore*, vol. 31, no. 6, pp. 1081-1090. ISSN 01006762. DOI 10.1590/S0100-67622007000600013.

DE CASTRO, V., 2014. *Efeitos do potássio , sódio e da disponibilidade hídrica no crescimento e qualidade do lenho de árvores de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden*. S.l.: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

ESTACIO, R., 2008. *Clasificación estructural de la especie forestal Azúcar huayo (hymenaea courbaril)* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ingeniería. [Consulta: 29 octubre 2018]. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4220/1/estacio_jr.pdf.

GOCHE, J., FUENTES, M., BORJA, A. y RAMÍREZ, H., 2000. Variación de las propiedades físicas de la madera en un árbol de Abies religiosa y de Pinus ayacahuite var. veitchii. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 6, no. 1, pp. 83-92.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. 6a. México D.F.: Mc Graw Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0.

INACAL, 2015. *Maderas. Método de Determinación de Contracción.* 2015. Perú: INACAL. NTP 251.012.2015.

INACAL, 2016. *Maderas. Selección y Colección de Muestras.* 2016. Perú: s.n. NTP 251.008.

INDECOPI, 2014a. *Maderas. Método de Determinación de Contenido de Humedad.* 2014. Perú: s.n. NTP 251.010.2014.

INDECOPI, 2014b. *Maderas. Método de Determinación de Densidad.* 2014. Perú: INDECOPI. NTP 251.011.2014.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA-JUNAC, 1989. *Manual del Grupo Andino para el Secado de maderas*. 1ra. Cartagena-Colombia: Editorial Carvajal S.A.

KOJIMA, M., YAMAMOTO, H., YOSHIDA, M., OJIO, Y. y OKUMURA, K., 2009. Maturation property of fast-growing hardwood plantation species: A view of fiber length. *Forest Ecology and Management*, vol. 257, no. 1, pp. 15-22. ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2008.08.012.

KROLL, N., 2017. Plan Operativo para consesiones forestales con fines maderables POA 2017-2018. . Iberia:

LACHENBRUCH, B., MOORE, J. y EVANS, R., 2011. Size- and Age-Related Changes in Tree Structure and Function. En: F.C. MEINZER, B. LACHENBRUCH y T.E. DAWSON (eds.), *Size- and Age-Related Changes in Tree Structure and Function* [en línea]. Dordrecht: Springer Netherlands, Tree Physiology, [Consulta: 13 octubre 2018]. ISBN 978-94-007-1241-6. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-1242-3.

LACHENBRUCH, B., MOORE, J.R. y EVANS, R., 2011. Radial Variation in Wood Structure and Function in Woody Plants, and Hypotheses for Its Occurrence. En: F.C. MEINZER, B. LACHENBRUCH y T.E. DAWSON (eds.), *Size- and Age-Related Changes in Tree Structure and Function*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 121-164. ISBN 978-94-007-1242-3.

MIRANDA, I., ALMEIDA, M.H. y PEREIRA, H., 2001. Provenance and site variation of wood density in Eucalyptus globulus Labill. at harvest age and its relation to a non-destructive early assessment. *Forest Ecology and Management*, vol. 149, no. 1-3, pp. 235-240. ISSN 03781127. DOI 10.1016/S0378-1127(00)00560-0.

PANSHIN, A. y DE ZEEUW, C., 1980. *Textbook of wood technology: structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada*. 4th. New York U.S.A: McGraw-Hill. McGraw-Hill series in forest resources.

PEÑA, S., 2014. *Principales maderas tropicales utilizadas en España características, tecnología y aplicaciones* [en línea]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/267506783_PRINCIPALES_MADERAS_TROPICALES_UTILIZADAS_EN_ESPANA_CARACTERISTICAS_TECNOLOGIA_Y_APLICACIONES.

ROBERTO, J., TOMAZELLO, M., DOS SANTOS, C., PERES, M. y LACLAU, J., 2009. Efeito da aplicação de potássio e sódio nas características do lenho de árvores de Eucalyptus grandis W.Hill, aos 24 meses de idade. *Floresta*, vol. 39, no. 3, pp. 535-546.

RODRÍGUEZ, R., NATERA, Z., FRANCISCO, J., GUZMÁN, S., ANTONIO, J., PÉREZ, S., TALAVERA, F. y JAVIER, F., 2014. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], vol. 5, pp. 12-25. [Consulta: 6 noviembre 2018]. ISSN 2007-1132. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63439010003.

SÁNCHEZ, H. y REYES, C., 2006. *Metodología y diseños en la investigación científica*. 1ra. Lima - Perú: Visión Universitaria. ISBN 9972969533.

SIBILLE, A. y RODRIGUEZ, M., 1996. *Manual de identificación de especies forestales de la Subregión Andina* [en línea]. 1ra. S.l.: INIA, OIMT. [Consulta: 7 noviembre 2018]. Disponible en: http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PE1996104049.

TOMAZELLO, M., 2006. *Efeito da irrigação e fertilização nas propiedades do lenho de árvores de Eucalyptus grandis x urophylla*. S.l.: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

TOMAZELLO, M., BRAZOLIN, S., CHAGAS, M., OLIVEIRA, J., BALLARIN, A. y BENJAMIN, C., 2008. Application of X-Ray Technique in Nondestructive Evaluation of Eucalypt Wood. *Maderas. Ciencia y tecnología*, vol. 10, no. 2, pp. 139-149. ISSN 0718-221X. DOI 10.4067/S0718-221X2008000200006.

VIGNOTE, S. y MARTÍNEZ, I., 2006. *Tecnología de la madera*. S.l.: Ediciones Mundi-Prensa. ISBN 8484762637.

WALKER, J., 2006. Water in wood. *Primary Wood Processing*. S.l.: Springer Netherlands, pp. 69-94.

WWF-COLOMBIA, 2013. *Maderas de Colombia*. S.l.: s.n. ISBN 978-958-8353-54-8.

ZOBEL, B. y BUIJTENEN, J., 1989. Variation Within and Among Trees. . S.l.: s.n., pp. 72-131.

ANEXOS

Anexo I: Relación de códigos de trozas para 34 árboles de donde se extrajeron 10 rodajas de la especie azúcar huayo.

Lugar de extracción de las rodajas: Patio de acopio de Maderera Río Acre SAC (MADERACRE SAC)
Lugar de procedencia: Parcela de Corta N° 15
Fecha de extracción de rodajas: 06/10/2017

N°	Código de bosque	Código de trozas	Este	Norte	DAP (m)	Altura comercial del fuste (m)	Fecha de tala	obs.
1	24176-A	7008-17	381009	8758248	0,95	22	03/05/2017	**Arbol Nº 10**
2	31422-A2	6479-17	377815	8761935	0,80	18	01/07/2017	
3	31448-A1	6281-17	378284	8762687	0,88	15	05/07/2017	
4	30838-A1	6318-17	377611	8762643	1,00	19	03/07/2017	**Arbol Nº 08**
5	31551-A2	6376-17	378027	8762629	0,80	19	04/07/2017	
6	29086-A1	6054-17	378122	8760403	0,85	20	07/07/2017	
7	32612-A	5864-17	379048	8761874	0,86	21	26/06/2017	
8	21166-A1	5610-17	382847	8759109	0,87	22	08/05/2017	
9	4266-A	4856-17	388922	8753036	0,80	15	21/07/2017	
10	1657-A	4285-17	387165	8754913	0,82	17	14/07/2017	
11	5416-A1	3078-17	387776	8754768	0,86	23	13/07/2017	**Arbol Nº 07**
12	915-A1	2831-17	387474	8755898	0,92	20	25/07/2017	**Arbol Nº 06**
13	27900-A	1966-17	381316	8760492	0,87	24	22/05/2017	
14	18370-A	1496-17	383399	8757870	1,21	21	23/06/2017	**Arbol Nº 01**
15	20344-A1	1378-17	384327	8758243	0,86	16	21/06/2017	**Arbol Nº 09**
16	23659-A	1015-17	386881	8758289	1,12	21	30/06/2017	
17	23362-A1	0990-17	387317	8758183	0,94	18	30/06/2017	
18	23542-A1	0914-17	386254	8758022	0,80	18	26/06/2017	**Arbol Nº 05**
19	27108-A1	0340-17	385322	8758381	0,84	21	26/06/2017	
20	23389-A	0289-17	385405	8758201	1,00	20	23/06/2017	
21	26712-A	0221-17	385777	8758719	0,85	18	22/06/2017	
22	23127-A	0739-17	385961	8757340	1,02	17	28/06/2017	**Arbol Nº 04**
23	37990-A	0719-17	386180	8757814	0,91	21	17/06/2017	
24	27515-A1	2240-17	381119	8760680	0,80	16	13/06/2017	**Arbol Nº 03**
25	4975-A	3079-17	388080	8754580	0,88	19	14/07/2017	
26	2486-A	4442-17	386616	8753782	0,86	18	20/07/2017	**Arbol Nº 02**
27	16987-A	7920-17	378355	8757400	1,40	20	17/06/2017	
28	28366-A	7722-17	377777	8759826	1,04	15	19/06/2017	
29	29102-A1	7721-17	377824	8759657	0,92	19	19/06/2017	
30	28188-A	7579-17	378193	8759040	1,03	18	25/05/2017	
31	28419-A	7545-17	377897	8759080	0,86	17	29/05/2017	
32	13154-A1	8279-17	382322	8755472	0,88	20	09/08/2017	
33	28587-A	7435-17	378663	8759260	1,23	24	09/06/2017	
34	7712-A1	8282-17	382599	8755288	0,87	18	12/07/2017	

Anexo II: Relación de códigos de trozas para 10 árboles seleccionados de la especie azúcar huayo de donde se extrajeron las rodajas utilizadas en la investigación.

Lugar de extracción de las rodajas: Patio de acopio de Maderera Río Acre SAC (MADERACRE SAC)

Lugar de procedencia: Parcela de Corta N° 15

Fecha de extracción de rodajas: 06/10/2017

N° ARBOL	Código de bosque	Código de trozas	Este	Norte	DAP (m)	Altura comercial del fuste (m)	Fecha de tala	obs.
01	18370-A	1496-17	383399	8757870	1,21	21	23/06/2017	14 Probetas
02	2486-A	4442-17	386616	8753782	0,86	18	20/07/2017	14 Probetas
03	27515-A1	2240-17	381119	8760680	0,80	16	13/06/2017	09 Probetas
04	23127-A	0739-17	385961	8757340	1,02	17	28/06/2017	14 Probetas
05	23542-A1	0914-17	386254	8758022	0,80	18	26/06/2017	13 Probetas
06	915-A1	2831-17	387474	8755898	0,92	20	25/07/2017	12 Probetas
07	5416-A1	3078-17	387776	8754768	0,86	23	13/07/2017	11 Probetas
08	30838-A1	6318-17	377611	8762643	1,00	19	03/07/2017	15 Probetas
09	20344-A1	1378-17	384327	8758243	0,86	16	21/06/2017	15 Probetas
10	24176-A	7008-17	381009	8758248	0,95	22	03/05/2017	15 Probetas

Anexo III: Propiedades físicas determinadas en rodajas de 10 árboles de la especie *hymenaea courbaril* L. (azúcar huayo) utilizados en la investigación.

Lugar de análisis: Laboratorio de Anatomía de la Madera de la UNAMAD

Lugar de procedencia: Parcela de Corta N° 15 de Maderera Río Acre SAC (MADERACRE SAC)

Fecha de extracción de rodajas: 06/10/2017

N°	Árbol	Posición Radial	$CH\%$	D_B	D_{AH}	D_N	C_{long}	C_{rd}	C_{tg}	C_V	T/R
1	Uno	1.CM	44,93	0,75	0,83	1,08	0,75	3,58	7,58	10,58	2,12
2	Uno	1.CM	47,29	0,74	0,83	1,09	0,70	4,32	8,41	10,68	1,95
3	Uno	1.CM	46,68	0,74	0,83	1,08	0,34	4,54	9,44	11,65	2,08
4	Uno	2.IN	43,68	0,76	0,85	1,09	0,31	4,65	8,01	10,68	1,72
5	Uno	2.IN	42,81	0,76	0,84	1,08	0,18	4,65	7,96	9,71	1,71
6	Uno	2.IN	42,00	0,76	0,84	1,08	0,21	4,59	7,66	9,71	1,67
7	Uno	3.CC	45,18	0,73	0,81	1,07	0,44	4,10	7,19	9,80	1,75
8	Uno	3.CC	60,75	0,65	0,72	1,05	0,71	4,27	8,22	9,80	1,92
9	Uno	3.CC	70,45	0,60	0,68	1,03	0,57	4,98	9,15	11,54	1,84
10	Dos	1.CM	42,48	0,71	0,81	1,00	0,13	5,01	11,16	13,46	2,23
11	Dos	1.CM	46,80	0,69	0,80	1,01	0,31	5,39	10,06	14,29	1,87
12	Dos	1.CM	47,14	0,71	0,81	1,05	0,25	5,94	10,04	11,65	1,69
13	Dos	2.IN	47,43	0,74	0,84	1,09	0,53	4,37	9,24	12,50	2,11
14	Dos	2.IN	43,71	0,78	0,89	1,13	0,62	5,00	8,13	11,65	1,63
15	Dos	2.IN	45,01	0,78	0,88	1,13	0,84	4,51	8,06	11,65	1,79
16	Dos	3.CC	69,59	0,66	0,73	1,12	0,73	4,19	7,33	9,62	1,75
17	Dos	3.CC	70,17	0,66	0,74	1,12	0,72	4,55	7,31	10,48	1,61
18	Dos	3.CC	73,66	0,65	0,72	1,13	0,95	3,91	6,85	9,52	1,75
19	Tres	1.CM	35,22	0,82	0,91	1,10	0,39	3,79	7,43	10,87	1,96
20	Tres	1.CM	35,28	0,80	0,88	1,09	0,43	4,00	6,90	8,70	1,72
21	Tres	1.CM	40,06	0,77	0,84	1,08	0,81	4,27	6,73	8,60	1,57
22	Tres	2.IN	39,88	0,77	0,84	1,08	1,16	3,29	5,23	8,60	1,59
23	Tres	2.IN	39,54	0,78	0,85	1,08	0,72	3,36	6,99	8,70	2,08
24	Tres	2.IN	35,03	0,81	0,88	1,09	0,62	3,50	6,67	8,70	1,90
25	Tres	3.CC	34,41	0,80	0,89	1,08	0,58	3,94	6,90	9,57	1,75
26	Tres	3.CC	66,93	0,66	0,75	1,09	1,11	4,70	10,30	12,63	2,19
27	Tres	3.CC	65,43	0,67	0,76	1,10	1,09	4,32	7,58	11,96	1,75
28	Cuatro	1.CM	46,00	0,71	0,81	1,04	0,70	4,74	9,16	12,63	1,93
29	Cuatro	1.CM	49,38	0,74	0,82	1,10	0,94	3,93	8,39	10,31	2,14
30	Cuatro	1.CM	50,98	0,69	0,79	1,04	0,93	5,06	9,41	13,40	1,86
31	Cuatro	2.IN	50,79	0,74	0,87	1,12	0,86	5,01	10,77	14,58	2,15
32	Cuatro	2.IN	49,54	0,79	0,91	1,18	2,90	5,07	10,19	13,54	2,01
33	Cuatro	2.IN	47,63	0,79	0,91	1,16	1,58	5,17	10,24	13,54	1,98
34	Cuatro	3.CC	37,77	0,81	0,90	1,12	0,34	4,59	7,41	9,47	1,61

35	Cuatro	3.CC	60,14	0,62	0,70	0,98	0,61	4,52	7,90	12,37	1,75
36	Cuatro	3.CC	69,89	0,60	0,67	1,03	0,62	4,56	6,42	10,42	1,41
37	Cinco	1.CM	36,32	0,83	0,94	1,13	0,01	5,09	8,88	11,65	1,75
38	Cinco	1.CM	33,94	0,86	0,96	1,15	0,45	4,11	8,13	10,58	1,98
39	Cinco	1.CM	34,17	0,85	0,95	1,13	0,48	4,20	8,03	10,58	1,91
40	Cinco	2.IN	36,41	0,85	0,95	1,16	0,68	4,56	7,90	10,48	1,73
41	Cinco	2.IN	37,34	0,86	0,96	1,18	1,36	4,65	7,51	10,58	1,62
42	Cinco	2.IN	36,78	0,87	0,97	1,19	0,76	4,73	8,03	10,48	1,70
43	Cinco	3.CC	47,80	0,73	0,83	1,08	0,97	5,75	7,81	12,26	1,36
44	Cinco	3.CC	62,05	0,67	0,76	1,09	0,84	1,75	8,47	11,54	4,84
45	Cinco	3.CC	71,63	0,63	0,72	1,08	0,87	4,12	7,03	12,26	1,71
46	Seis	1.CM	45,93	0,72	0,83	1,05	0,28	5,03	10,36	13,73	2,06
47	Seis	1.CM	47,57	0,70	0,81	1,03	0,16	5,21	9,90	13,59	1,90
48	Seis	1.CM	51,67	0,71	0,83	1,08	0,26	6,08	11,65	14,71	1,92
49	Seis	2.IN	51,89	0,70	0,84	1,07	0,08	6,84	12,69	16,50	1,86
50	Seis	2.IN	49,35	0,72	0,84	1,07	0,05	6,35	11,10	14,85	1,75
51	Seis	2.IN	48,22	0,73	0,85	1,08	0,04	6,04	10,43	13,86	1,73
52	Seis	3.CC	50,92	0,76	0,86	1,15	0,48			11,76	
53	Seis	3.CC	70,74	0,65	0,72	1,10	0,71		7,31	9,80	
54	Seis	3.CC	75,05	0,65	0,74	1,15	0,06			11,11	
55	Siete	1.CM	39,65	0,82	0,96	1,15	0,04	5,45	10,41	13,86	1,91
56	Siete	1.CM	40,27	0,82	0,94	1,16	0,65	4,98	9,52	12,62	1,91
57	Siete	1.CM	40,15	0,83	0,95	1,16	0,45	5,39	10,10	12,62	1,87
58	Siete	2.IN	43,30	0,83	0,95	1,19	1,45	5,81	8,15	12,50	1,40
59	Siete	2.IN	39,37	0,83	0,96	1,15	0,31	5,23	10,57	13,59	2,02
60	Siete	2.IN	53,95	0,76	0,90	1,18	0,68	5,96	11,06	14,56	1,85
61	Siete	3.CC	56,38	0,74	0,86	1,16	1,72	6,12	8,91	13,59	1,46
62	Siete	3.CC	54,11	0,79	0,92	1,21	0,19	6,65	3,95	14,56	0,59
63	Siete	3.CC	61,66	0,75	0,87	1,21	0,59	5,56	9,34	13,59	1,68
64	Ocho	1.CM	41,78	0,75	0,84	1,06	0,66			10,68	
65	Ocho	1.CM	44,91	0,74	0,83	1,07	1,23			11,54	
66	Ocho	1.CM	44,71	0,76	0,86	1,10	0,65			11,76	
67	Ocho	2.IN	45,37	0,77	0,86	1,12	0,91			10,89	
68	Ocho	2.IN	47,56	0,76	0,86	1,12	0,73			11,65	
69	Ocho	2.IN	46,27	0,76	0,86	1,11	0,76			11,65	
70	Ocho	3.CC	56,23	0,64	0,71	1,01	0,62			9,80	
71	Ocho	3.CC	74,22	0,52	0,56	0,90	0,74			7,84	
72	Ocho	3.CC	71,50	0,55	0,60	0,94	0,66			8,82	
73	Nueve	1.CM	25,33	0,96	1,07	1,21	0,12	3,71	8,70	10,53	2,34
74	Nueve	1.CM	31,93	0,85	0,94	1,12	0,30	3,95	8,83	9,71	2,24
75	Nueve	1.CM	33,25	0,85	0,94	1,13	0,17	3,81	7,89	9,71	2,07
76	Nueve	2.IN	34,11	0,86	0,95	1,15	0,49	4,34	7,55	9,62	1,74
77	Nueve	2.IN	34,10	0,86	0,94	1,15	0,51	4,68	6,52	8,65	1,39
78	Nueve	2.IN	33,10	0,87	0,95	1,16	0,61	4,95	6,84	8,65	1,38

79	Nueve	3.CC	34,06	0,83	0,90	1,11	1,28	3,15	5,47	7,69	1,73
80	Nueve	3.CC	34,99	0,82	0,89	1,11	1,65	3,45	5,33	7,77	1,54
81	Nueve	3.CC	35,77	0,82	0,89	1,11	1,95	3,85	3,45	7,84	0,90
82	Diez	1.CM	33,20	0,87	0,97	1,15	0,55	3,63	8,53	10,68	2,35
83	Diez	1.CM	34,12	0,88	1,00	1,18	0,72	3,88	9,42	11,76	2,43
84	Diez	1.CM	37,79	0,86	0,98	1,19	0,92	4,01	9,63	11,76	2,40
85	Diez	2.IN	33,69	0,77	0,88	1,03	0,06	5,57	10,14	12,75	1,82
86	Diez	2.IN	46,68	0,76	0,87	1,12	0,16	4,74	9,95	12,75	2,10
87	Diez	2.IN	47,83	0,77	0,87	1,13	0,45	4,84	9,24	11,76	1,91
88	Diez	3.CC	43,16	0,75	0,84	1,07	0,39	3,88	8,10	10,89	2,09
89	Diez	3.CC	92,24	0,55	0,60	1,06	0,16	3,53	8,09	8,91	2,29
90	Diez	3.CC	92,26	0,55	0,61	1,06	0,42	3,97	8,18	8,91	2,06

$N°=$ Número de dato, $Árbol=$ Árbol de donde se extrajo la muestra, $Posición\ Radial=$ Posición en dirección médula-corteza de donde se extrajo la muestra, $1.CM=$ Position radial 1: cerca a la médula del árbol, $2.IN=$ Position radial 2: parte intermedia del árbol, $3.CC=$ Position radial 3: cerca a la corteza del árbol, $CH\%=$ Contenido de humedad porcentual $(\%)$ $D_B=$ Densidad básica de la madera en (g/cm^3), D_{AH} = Densidad anhidra de la madera en (g/cm^3), $D_N=$ Densidad Normal de la madera en (g/cm^3), $C_{long}=$ Contracción longitudinal $(\%)$, $C_{rd}=$ Contracción radial $(\%)$, $C_{tg}=$ Contracción tangencial $(\%)$, $C_V=$ Contracción volumétrica $(\%)$, $T/R=$ índice de estabilidad.

Fuente: Anexo III. Propiedades físicas determinadas en rodajas de 10 árboles de la muestra.

Anexo IV: Base de datos de peso de probetas (gramos) a diferentes temperaturas (°C) obtenidos en laboratorio

PESO (gr) ARBOL 01																				
A-1	INICIAL DIA 6	30ºC DIA 7	35ºC DIA 8	40ºC DIA 9	45ºC DIA 10	50ºC DIA 11	55ºC DIA 12	60ºC DIA 13	65ºC DIA 14	70ºC DIA 15	75ºC DIA 16	80ºC DIA 17	85ºC DIA 18	90ºC DIA 19	95ºC DIA 20	100ºC DIA 21	105ºC DIA 22	105ºC DIA 23	105ºC DIA 24	105º DIA 25	105ºC DIA 26
1	112,42	110,47	109,66	109,31	106,70	105,27	99,14	98,44	96,21	94,85	89,69	85,26	83,04	80,73	79,59	78,61	77,96	77,80	77,81	77,70	77,57
2	112,13	110,81	108,02	107,24	106,65	104,55	99,62	92,70	90,47	84,72	85,78	82,80	78,27	78,41	77,49	76,78	76,49	76,19	76,23	76,13	76,13
3	111,24	108,55	108,07	107,22	106,04	99,35	97,60	92,39	92,22	84,59	84,50	81,73	81,07	78,26	77,43	76,74	76,27	76,02	75,96	75,84	75,84
4	107,83	106,46	104,89	104,30	103,42	101,08	93,95	92,25	86,26	86,26	82,40	78,90	78,20	76,69	75,13	74,69	74,47	74,25	74,18	74,07	74,00
5	113,19	111,30	110,92	110,66	108,42	108,73	105,54	97,78	96,36	92,74	87,51	84,35	83,54	80,95	80,70	79,69	79,20	79,05	78,91	78,84	78,84
6	112,34	110,85	110,29	108,79	109,35	105,54	101,88	99,61	95,30	91,65	89,79	86,07	83,54	80,38	78,94	78,86	78,49	78,40	78,31	78,18	78,19
7	111,62	109,76	105,95	105,68	105,23	104,49	98,89	98,35	94,49	93,70	91,01	86,49	83,74	80,51	79,56	79,03	78,63	78,48	78,43	78,29	78,16
8	111,09	108,92	108,80	108,21	107,27	106,07	100,34	98,67	96,83	93,35	86,32	83,60	80,38	79,97	78,91	78,79	78,51	78,30	78,29	78,23	78,23
9	112,90	111,47	110,90	110,18	109,71	108,88	106,35	102,75	99,54	92,82	89,87	86,92	84,84	82,83	81,27	80,96	80,51	80,29	80,27	80,14	80,05
10	110,90	109,12	107,45	106,84	105,01	99,23	94,55	93,98	93,31	92,43	88,23	85,06	83,58	81,30	80,23	79,32	78,69	78,67	78,54	78,49	78,50
11	110,64	111,47	108,98	108,06	107,49	107,54	99,87	99,08	95,11	92,35	88,12	82,52	80,85	79,40	78,25	77,63	77,18	77,01	76,84	76,82	76,82
12	108,71	106,80	106,56	106,21	102,21	96,69	90,98	91,01	89,36	85,90	82,41	80,64	79,45	76,91	76,25	75,63	75,30	75,13	75,05	74,96	74,88
13	106,72	104,68	104,15	101,36	100,64	99,47	91,72	89,88	84,55	81,61	76,67	73,04	69,20	68,36	67,30	66,76	66,56	66,52	66,40	66,39	66,39
14	107,04	104,46	104,06	102,46	95,91	91,84	89,13	87,26	80,83	77,10	72,53	65,82	65,12	64,35	63,65	63,33	63,15	62,97	62,99	62,88	62,80
PESO (gr) ARBOL 02																					
A-1	INICIAL DIA 6	30ºC DIA 7	35ºC DIA 8	40ºC DIA 9	45ºC DIA 10	50ºC DIA 11	55ºC DIA 12	60ºC DIA 13	65ºC DIA 14	70ºC DIA 15	75ºC DIA 16	80ºC DIA 17	85ºC DIA 18	90ºC DIA 19	95ºC DIA 20	100ºC DIA 21	105ºC DIA 22	105ºC DIA 23	105ºC DIA 24	105º DIA 25	105ºC DIA 26
1	104,47	102,55	101,81	101,31	97,73	97,12	92,58	88,69	86,80	81,45	80,93	79,18	75,21	74,68	74,18	73,70	73,34	73,40	73,37	73,32	73,32
2	106,30	104,29	103,42	102,93	98,77	97,81	95,94	93,35	85,71	81,80	79,24	77,39	75,34	74,08	73,03	72,73	72,43	72,42	72,48	72,41	72,41
3	108,13	105,29	104,48	103,97	101,19	100,48	98,29	92,08	85,51	79,83	80,15	78,14	75,50	75,02	74,38	73,75	73,57	73,59	73,49	73,52	73,49
4	114,70	112,86	112,04	110,77	107,32	106,35	96,82	90,34	84,85	79,86	78,85	77,11	75,61	74,30	74,01	73,64	73,36	73,37	73,39	75,39	73,39
5	112,40	110,04	109,11	106,36	97,99	95,72	95,14	94,25	90,24	80,88	81,11	79,88	77,31	76,08	75,09	74,95	74,77	74,73	74,68	74,70	74,68
6	113,08	111,79	107,78	107,27	104,24	103,63	100,69	96,74	92,64	83,60	83,64	81,22	79,34	78,27	77,78	77,04	76,76	76,74	76,70	76,70	76,70
7	116,16	114,61	113,31	112,96	104,26	104,60	104,57	102,71	95,20	89,43	88,14	84,45	82,66	82,57	81,97	81,19	80,87	80,82	80,83	80,83	80,83

8	116,04	114,91	112,49	112,09	104,97	104,16	102,94	97,51	94,99	90,06	89,00	86,39	83,97	81,59	80,74	80,62	80,18	80,04	80,11	80,21	80,02
9	115,40	113,96	113,54	112,24	107,82	107,63	104,68	102,34	96,71	92,10	88,66	85,46	84,12	83,23	82,68	82,32	82,04	81,99	81,99	81,99	81,99
10	118,70	117,52	115,50	115,48	112,32	110,13	108,45	104,11	92,78	92,34	91,17	89,28	87,58	85,14	84,49	84,28	83,89	83,99	83,92	83,84	83,66
11	119,90	118,30	116,13	116,08	113,91	112,64	111,06	105,82	102,77	95,89	95,54	92,45	89,50	88,35	87,41	87,10	86,91	86,87	86,86	86,86	86,86
12	116,59	114,78	111,77	107,69	98,94	95,46	95,26	85,45	78,20	75,23	74,79	73,54	70,20	69,51	69,48	68,93	68,82	68,89	68,75	68,76	68,75
13	118,05	115,99	112,81	111,57	105,54	104,31	102,10	96,23	85,04	76,15	75,97	73,34	70,66	70,17	70,01	69,69	69,39	69,45	69,37	69,37	69,37
14	119,15	116,03	114,96	113,08	109,78	105,83	98,94	89,19	77,59	73,79	73,54	71,16	70,59	69,80	69,26	68,98	68,69	68,77	68,66	68,70	68,61
PESO (gr) ARBOL 03																					
A-1	**INICIAL DIA 6**	**30ºC DIA 7**	**35ºC DIA 8**	**40ºC DIA 9**	**45ºC DIA 10**	**50ºC DIA 11**	**55ºC DIA 12**	**60ºC DIA 13**	**65ºC DIA 14**	**70ºC DIA 15**	**75ºC DIA 16**	**80ºC DIA 17**	**85ºC DIA 18**	**90ºC DIA 19**	**95ºC DIA 20**	**100ºC DIA 21**	**105ºC DIA 22**	**105ºC DIA 23**	**105ºC DIA 24**	**105º DIA 25**	**105ºC DIA 26**
1	101,43	100,14	98,15	95,24	90,54	89,69	85,60	82,12	80,72	80,38	80,01	79,47	78,54	76,79	76,10	75,39	75,15	75,01	75,03	75,01	75,01
2	100,04	97,40	95,81	93,41	90,87	89,87	84,31	81,27	81,16	80,74	79,81	78,06	76,64	75,26	74,73	74,37	74,19	74,01	73,93	74,00	73,95
3	100,56	98,49	98,26	92,09	89,05	85,20	79,45	77,96	77,90	77,82	77,42	75,44	74,13	73,61	72,68	72,07	72,06	71,87	71,80	71,83	71,80
4	100,17	99,34	98,72	95,17	89,59	88,24	81,15	77,15	75,44	75,32	75,23	74,74	74,42	72,59	72,48	71,86	71,72	71,64	71,61	71,61	71,61
5	99,69	98,60	97,88	94,39	91,09	86,31	82,88	78,98	76,64	76,21	75,64	74,13	73,32	72,82	72,48	71,89	71,74	71,53	71,45	71,44	71,44
6	100,34	99,76	99,40	98,57	94,11	91,18	82,93	79,81	79,74	79,15	78,68	78,32	77,37	75,50	75,29	74,73	74,49	74,34	74,31	74,34	74,31
7	101,64	100,59	100,52	96,27	93,09	88,21	84,76	80,94	80,82	80,53	79,73	78,31	76,05	75,43	74,65	74,12	73,94	73,69	73,63	73,72	75,62
8	104,00	102,42	101,63	99,53	87,51	78,14	74,06	70,60	68,32	67,19	66,18	65,95	64,20	63,33	62,94	62,49	62,48	62,33	62,30	62,30	62,30
9	101,41	100,10	99,64	97,34	92,09	83,03	75,87	68,43	68,92	68,71	65,68	64,55	63,16	62,27	61,97	61,62	61,52	61,36	61,30	61,31	61,30
PESO (gr) ARBOL 04																					
A-1	**INICIAL DIA 6**	**30ºC DIA 7**	**35ºC DIA 8**	**40ºC DIA 9**	**45ºC DIA 10**	**50ºC DIA 11**	**55ºC DIA 12**	**60ºC DIA 13**	**65ºC DIA 14**	**70ºC DIA 15**	**75ºC DIA 16**	**80ºC DIA 17**	**85ºC DIA 18**	**90ºC DIA 19**	**95ºC DIA 20**	**100ºC DIA 21**	**105ºC DIA 22**	**105ºC DIA 23**	**105ºC DIA 24**	**105º DIA 25**	**105ºC DIA 26**
1	98,67	95,81	91,45	96,32	88,93	88,45	87,24	85,14	82,42	77,08	74,50	72,71	70,49	69,48	68,31	68,17	67,82	67,97	67,77	67,82	67,58
2	107,03	104,68	98,38	97,51	97,04	95,54	94,53	90,30	87,40	79,53	78,21	76,96	74,68	74,14	73,07	72,32	72,07	71,88	71,67	71,68	71,65
3	100,55	98,44	94,29	93,66	93,08	89,94	89,33	86,83	77,15	76,86	71,13	70,88	69,59	69,16	68,04	66,99	66,96	66,87	66,65	66,68	66,60
4	104,68	101,67	99,88	99,22	92,23	92,10	90,74	84,02	81,64	77,80	74,90	72,18	70,61	70,96	69,37	68,89	68,64	68,51	68,29	68,28	68,28
5	108,34	106,16	103,89	101,61	92,72	97,34	95,73	87,47	84,39	81,67	74,06	73,58	72,98	72,73	70,45	70,50	70,03	70,22	70,02	70,01	70,01
6	107,50	105,38	104,46	103,37	102,47	101,73	99,78	95,37	88,53	82,93	77,88	75,65	73,86	74,09	72,81	71,98	71,59	71,55	71,29	71,33	71,29
7	113,28	111,32	108,74	108,60	107,30	106,05	104,36	90,63	89,00	87,73	82,17	80,02	79,08	78,63	76,22	76,02	76,09	75,87	75,76	75,75	75,75
8	111,36	109,31	105,85	105,04	103,47	103,21	102,67	93,50	90,18	87,00	80,48	79,51	77,80	77,41	76,57	76,12	75,76	75,70	75,49	75,47	75,43

9	109,59	107,77	105,82	105,38	104,07	103,57	101,14	94,70	88,39	85,41	81,69	81,06	79,08	78,62	77,57	76,85	76,86	76,76	76,53	76,55	76,51
10	107,33	107,05	106,77	106,03	103,66	102,67	101,14	90,52	89,34	82,71	80,79	80,34	77,89	77,73	76,11	75,55	75,44	75,18	75,04	75,03	75,03
11	108,28	107,66	107,54	106,26	105,24	104,30	102,92	98,51	89,60	87,94	80,70	80,32	78,71	78,55	77,41	76,44	76,28	76,18	76,01	75,95	75,95
12	106,18	104,36	102,80	100,42	98,70	98,47	96,59	91,29	90,30	88,71	83,76	81,98	80,73	79,77	77,89	77,51	77,19	77,18	77,08	77,07	77,07
13	95,54	93,03	89,30	86,08	82,75	80,70	80,41	72,47	70,80	67,52	66,72	61,84	61,86	62,03	60,63	60,03	60,02	59,88	59,74	59,79	59,66
14	98,47	96,81	95,95	93,74	91,96	91,15	88,38	75,32	71,96	69,45	65,35	62,13	60,47	59,64	58,24	58,20	58,13	58,11	58,06	57,98	57,96
PESO (gr) ARBOL 05																					
A-1	**INICIAL DIA 6**	**30ºC DIA 7**	**35ºC DIA 8**	**40ºC DIA 9**	**45ºC DIA 10**	**50ºC DIA 11**	**55ºC DIA 12**	**60ºC DIA 13**	**65ºC DIA 14**	**70ºC DIA 15**	**75ºC DIA 16**	**80ºC DIA 17**	**85ºC DIA 18**	**90ºC DIA 19**	**95ºC DIA 20**	**100ºC DIA 21**	**105ºC DIA 22**	**105ºC DIA 23**	**105ºC DIA 24**	**105º DIA 25**	**105ºC DIA 26**
1	116,38	113,67	113,61	112,39	109,52	105,72	105,95	104,87	102,42	99,94	92,69	91,42	90,50	88,65	88,09	86,66	86,16	86,07	85,78	85,70	85,37
2	120,08	118,74	118,40	115,66	114,80	112,61	111,92	110,47	107,60	104,94	100,30	95,40	94,27	93,11	91,73	90,78	90,46	90,29	89,96	89,99	89,65
3	117,92	116,81	116,80	116,07	113,75	112,85	112,40	109,15	102,51	96,26	94,58	93,77	93,11	90,40	90,07	88,77	88,52	88,50	88,16	88,13	87,89
4	120,72	119,45	118,47	118,25	114,44	110,02	109,89	108,00	104,35	100,05	94,09	93,06	93,75	91,23	90,33	89,79	89,70	89,60	89,32	89,30	89,24
5	122,38	118,58	118,51	117,98	117,19	116,71	112,59	108,98	105,22	104,95	101,24	94,66	93,71	93,33	92,32	90,93	90,31	90,42	90,00	89,97	89,96
6	121,90	118,89	118,84	118,81	118,04	116,98	112,89	111,16	104,42	103,94	98,13	95,18	93,69	92,75	91,09	89,72	89,70	89,60	89,42	89,34	89,36
7	123,19	121,69	120,18	119,50	117,87	117,84	107,82	105,31	103,15	100,85	99,71	94,87	95,17	93,24	92,30	90,37	90,06	90,20	89,96	89,97	89,70
8	124,73	123,68	122,33	121,04	116,06	115,44	112,81	112,48	109,47	107,33	100,38	98,02	95,93	93,97	92,78	91,94	91,57	91,23	91,19	91,19	91,19
9	123,05	121,39	120,20	119,43	113,52	113,52	109,94	107,45	105,46	101,20	96,26	93,77	93,94	92,26	91,31	89,90	89,26	89,21	89,06	89,01	89,01
10	120,71	118,78	117,56	116,97	116,19	114,45	110,94	109,75	102,52	97,79	93,11	92,75	92,04	90,13	89,25	88,03	87,50	87,68	87,38	87,37	87,37
11	114,06	112,13	111,90	109,41	106,79	104,15	96,21	95,26	89,07	86,21	84,36	81,12	80,93	79,88	78,82	77,47	77,52	77,50	77,22	77,19	77,17
12	113,74	112,33	111,41	106,21	103,70	101,94	98,72	95,82	90,69	87,90	81,08	73,32	73,24	72,27	71,37	70,41	70,31	70,45	70,24	70,18	70,19
13	114,70	112,68	112,13	109,67	107,26	104,02	94,74	92,37	88,68	84,09	73,44	70,67	70,61	68,88	68,22	67,25	67,25	67,20	67,04	67,11	66,83
PESO (gr) ARBOL 06																					
A-1	**INICIAL DIA 6**	**30ºC DIA 7**	**35ºC DIA 8**	**40ºC DIA 9**	**45ºC DIA 10**	**50ºC DIA 11**	**55ºC DIA 12**	**60ºC DIA 13**	**65ºC DIA 14**	**70ºC DIA 15**	**75ºC DIA 16**	**80ºC DIA 17**	**85ºC DIA 18**	**90ºC DIA 19**	**95ºC DIA 20**	**100ºC DIA 21**	**105ºC DIA 22**	**105ºC DIA 23**	**105ºC DIA 24**	**105º DIA 25**	**105ºC DIA 26**
1	106,63	105,60	105,04	104,19	102,40	94,34	89,11	87,61	86,09	83,60	80,97	79,43	75,15	74,96	74,24	73,65	73,11	73,14	73,10	73,07	73,07
2	105,82	104,45	104,09	102,54	100,15	88,76	86,15	85,18	81,38	80,38	78,84	75,13	73,32	73,34	72,92	72,06	71,76	71,77	71,76	71,71	71,71
3	109,72	107,80	107,38	106,40	103,85	94,57	87,22	86,56	84,78	79,79	78,33	77,68	74,83	74,17	73,35	72,81	72,47	72,43	72,41	72,34	72,34
4	109,39	107,16	106,54	105,22	103,74	89,90	88,25	86,19	81,13	80,69	77,22	76,62	74,10	73,54	75,12	72,27	71,90	72,07	71,98	71,96	71,96
5	110,15	108,18	106,92	106,01	98,75	93,25	87,14	87,78	82,68	80,11	79,95	76,05	74,55	74,05	73,66	72,85	72,48	72,57	72,52	72,52	72,52

6	107,92	105,90	104,88	103,97	102,51	93,45	87,36	87,99	86,74	83,61	77,62	78,12	74,74	73,77	73,12	72,73	72,32	72,28	72,25	72,26	72,26
7	109,12	107,57	104,36	103,87	102,46	95,88	89,17	87,55	87,05	85,18	78,25	78,66	75,29	75,06	74,79	73,94	73,74	73,66	73,67	73,62	73,62
8	109,00	106,80	106,29	105,90	103,03	97,02	87,58	87,23	85,30	80,36	77,66	77,27	75,45	74,47	74,13	73,44	73,04	73,11	73,07	72,97	72,97
9	113,80	111,82	109,81	109,34	107,77	102,21	96,59	95,91	94,17	89,83	82,77	82,32	80,69	79,45	79,16	78,53	78,01	78,04	78,00	77,96	77,88
10	116,83	115,42	114,77	112,03	106,05	99,75	96,87	95,91	93,20	88,48	84,92	83,06	79,68	78,73	78,46	77,80	77,33	77,43	77,45	77,41	77,41
11	112,52	110,98	108,89	107,71	99,23	88,63	82,26	81,51	78,27	75,76	72,01	69,39	67,40	67,99	66,56	66,17	65,97	65,91	65,93	65,90	65,90
12	113,36	112,13	111,07	109,96	102,49	94,88	79,93	79,79	77,02	71,27	70,60	67,70	66,29	65,79	65,33	64,93	64,83	64,80	64,77	64,76	64,76
PESO (gr) ARBOL 07																						
A-1	**INICIAL DIA 6**	**30ºC DIA 7**	**35ºC DIA 8**	**40ºC DIA 9**	**45ºC DIA 10**	**50ºC DIA 11**	**55ºC DIA 12**	**60ºC DIA 13**	**65ºC DIA 14**	**70ºC DIA 15**	**75ºC DIA 16**	**80ºC DIA 17**	**85ºC DIA 18**	**90ºC DIA 19**	**95ºC DIA 20**	**100ºC DIA 21**	**105ºC DIA 22**	**105ºC DIA 23**	**105ºC DIA 24**	**105º DIA 25**	**105ºC DIA 26**
1	116,20	115,34	115,21	114,53	106,74	106,64	105,37	103,79	98,95	96,06	92,03	86,33	86,27	86,27	84,55	83,76	83,40	85,31	83,21	83,22	83,21
2	118,98	118,61	118,09	116,88	110,86	110,03	101,84	101,36	99,98	97,84	92,85	89,80	89,05	88,33	86,26	85,35	85,01	84,86	84,82	84,82	84,82
3	119,35	118,48	118,00	117,62	111,78	110,18	103,36	102,83	101,13	98,74	92,24	88,80	88,60	86,67	85,88	85,59	85,35	85,29	85,16	85,18	85,16
4	118,23	116,69	116,41	116,30	113,72	109,66	103,83	102,61	96,14	95,77	92,30	88,50	87,84	85,73	85,16	84,17	83,71	83,68	83,62	83,67	83,62
5	124,10	123,21	180,59	120,24	116,26	115,81	112,65	110,57	107,56	99,58	92,50	90,39	90,14	90,05	88,08	86,98	86,82	86,77	86,60	80,62	86,60
6	118,60	117,18	117,01	116,37	108,99	107,10	102,93	102,17	101,88	98,12	94,81	88,75	87,91	87,58	86,14	85,58	85,28	85,33	85,15	85,22	85,10
7	121,27	118,72	117,65	116,58	111,29	110,16	101,62	100,26	95,62	93,10	88,41	82,45	82,32	80,56	79,79	79,09	78,89	78,80	78,73	78,81	78,77
8	119,49	117,63	116,47	115,65	109,43	107,41	101,00	99,54	91,60	88,93	86,72	80,79	80,72	80,33	78,53	77,81	77,72	77,63	77,58	77,65	77,43
9	119,71	117,93	116,87	115,88	107,26	105,35	97,62	96,99	88,83	87,92	84,64	80,27	79,18	79,51	77,20	76,70	76,68	76,66	76,51	76,56	76,55
10	124,66	122,89	121,71	120,57	111,94	105,27	103,05	101,93	96,91	90,93	89,85	84,81	84,19	84,08	81,43	81,07	80,91	80,89	80,78	80,90	80,89
11	124,59	121,23	120,41	118,05	106,14	103,95	95,65	92,80	90,73	89,54	88,75	79,71	79,54	79,29	77,85	77,31	77,21	77,09	77,07	77,07	77,07
PESO (gr) ARBOL 08																						
A-1	**INICIAL DIA 6**	**30ºC DIA 7**	**35ºC DIA 8**	**40ºC DIA 9**	**45ºC DIA 10**	**50ºC DIA 11**	**55ºC DIA 12**	**60ºC DIA 13**	**65ºC DIA 14**	**70ºC DIA 15**	**75ºC DIA 16**	**80ºC DIA 17**	**85ºC DIA 18**	**90ºC DIA 19**	**95ºC DIA 20**	**100ºC DIA 21**	**105ºC DIA 22**	**105ºC DIA 23**	**105ºC DIA 24**	**105º DIA 25**	**105ºC DIA 26**
1	109,16	108,53	104,99	100,02	98,88	95,66	93,86	93,54	93,12	89,85	87,81	83,60	85,15	80,28	78,77	77,63	77,08	76,92	77,00	76,99	76,99
2	110,99	108,66	107,92	105,48	102,73	101,55	98,84	98,04	96,46	93,95	91,72	85,85	80,22	79,65	77,78	77,28	76,71	76,72	76,65	76,69	76,59
3	112,15	110,69	110,36	105,86	105,08	102,55	100,61	99,24	92,28	90,27	86,29	84,24	83,20	79,52	78,42	77,89	77,54	77,50	77,53	77,50	77,50
4	112,35	111,41	111,08	106,60	103,32	100,90	100,05	99,22	94,86	94,02	92,09	86,89	84,76	81,48	80,16	79,37	78,67	78,63	78,65	78,68	78,64
5	114,06	110,79	108,45	106,10	101,34	100,51	99,47	96,75	96,33	90,84	90,05	87,67	83,72	81,04	78,86	78,73	78,17	78,14	78,21	78,22	78,11
6	111,46	109,98	107,87	106,74	100,05	98,95	97,14	93,76	93,33	92,40	89,66	86,34	84,98	81,83	78,56	78,30	76,68	77,74	77,78	77,76	77,76

7	113,04	112,23	111,04	102,67	102,51	101,49	99,90	96,63	89,31	88,51	86,37	85,21	83,94	80,27	79,38	78,20	77,90	77,83	77,86	77,76	77,76
8	115,67	113,91	110,49	103,23	95,79	95,75	95,65	95,82	94,71	93,42	89,77	86,14	81,38	80,90	79,71	78,92	78,40	78,47	78,45	78,47	78,39
9	114,69	112,56	111,87	105,15	103,95	102,73	101,18	98,66	96,97	92,99	88,39	86,63	84,94	82,42	79,32	79,02	78,35	78,39	78,43	78,41	78,41
10	114,44	113,34	111,91	106,77	106,40	103,89	102,03	101,13	98,82	96,03	92,27	86,56	84,24	82,82	80,31	79,71	79,21	79,17	79,22	79,17	79,17
11	115,05	114,17	113,69	109,43	108,53	107,68	106,44	105,21	97,47	94,09	92,29	88,47	86,24	83,46	81,76	81,15	80,59	80,59	80,57	80,57	80,57
12	110,65	109,68	109,19	98,65	97,78	97,77	94,14	92,26	92,00	91,55	89,52	84,73	83,63	81,64	79,46	78,33	77,94	77,94	78,06	77,96	77,82
13	102,52	100,07	96,89	92,53	86,46	85,69	81,89	81,64	80,05	77,98	74,00	70,55	69,53	68,74	66,92	65,95	65,64	65,62	65,65	65,62	65,62
14	92,06	90,20	88,94	85,56	80,55	78,87	76,31	72,22	66,69	60,81	59,82	58,31	56,75	54,50	53,17	53,24	52,88	52,85	52,84	52,84	52,84
15	95,75	93,81	92,74	84,68	82,03	80,44	78,20	76,63	74,01	62,96	60,12	59,97	58,92	57,50	56,65	56,07	55,84	55,83	55,86	55,84	55,83
PESO (gr) ARBOL 09																					
A-1	**INICIAL DIA 6**	**30ºC DIA 7**	**35ºC DIA 8**	**40ºC DIA 9**	**45ºC DIA 10**	**50ºC DIA 11**	**55ºC DIA 12**	**60ºC DIA 13**	**65ºC DIA 14**	**70ºC DIA 15**	**75ºC DIA 16**	**80ºC DIA 17**	**85ºC DIA 18**	**90ºC DIA 19**	**95ºC DIA 20**	**100ºC DIA 21**	**105ºC DIA 22**	**105ºC DIA 23**	**105ºC DIA 24**	**105º DIA 25**	**105ºC DIA 26**
1	114,49	113,21	113,18	112,82	112,79	112,21	110,26	108,66	108,45	107,17	101,76	101,61	97,29	95,70	94,45	93,47	92,84	92,89	92,91	91,76	91,35
2	114,90	112,98	111,49	111,18	110,51	109,71	106,00	103,99	103,63	102,28	94,35	94,51	92,19	89,80	88,88	88,05	87,59	87,33	87,12	87,09	87,09
3	116,81	115,70	114,05	113,78	112,75	111,49	109,47	102,44	102,01	101,95	99,98	98,02	93,15	90,80	89,10	88,34	87,90	87,87	87,65	87,66	87,66
4	118,27	117,20	116,84	115,88	115,37	113,13	109,54	108,34	105,95	104,44	100,31	96,69	92,60	90,30	89,57	88,46	88,12	88,06	87,91	87,89	87,89
5	119,64	119,10	118,92	115,93	115,26	114,40	112,16	108,83	107,56	104,42	97,57	95,50	92,19	90,65	89,55	88,96	88,46	88,32	88,14	88,08	88,00
6	119,59	118,80	118,58	118,30	118,07	112,00	111,04	105,41	105,18	104,33	99,44	97,39	92,11	90,98	89,77	89,37	89,12	89,03	88,67	88,67	88,67
7	119,83	117,66	116,03	115,96	115,88	113,54	106,14	104,79	104,46	104,11	98,86	97,86	94,05	91,63	91,09	89,98	89,91	89,61	89,37	89,53	89,35
8	119,51	117,66	117,28	116,89	116,88	115,31	111,04	106,94	106,26	104,80	100,66	97,75	93,70	90,88	90,19	89,83	89,24	89,30	89,03	89,13	89,12
9	120,19	119,37	119,14	118,59	118,30	114,86	109,78	109,93	105,54	105,13	100,70	99,07	95,03	92,92	92,05	91,41	90,62	90,62	90,30	90,46	90,30
10	120,35	118,37	115,64	115,01	111,36	111,30	109,10	107,19	107,04	105,25	99,39	98,34	95,82	93,39	92,12	91,34	91,08	90,75	90,61	90,67	90,61
11	119,33	116,90	113,48	113,38	111,81	111,42	109,98	107,20	106,76	105,17	101,22	97,37	95,02	91,48	91,20	90,32	90,12	89,99	89,89	89,20	89,89
12	117,82	116,56	115,54	115,19	114,65	113,12	109,48	107,31	105,98	103.34	101,39	98,72	95,27	92,86	91,64	90,30	89,85	89,94	89,76	89,83	89,68
13	115,40	113,57	112,11	111,71	108,70	108,23	103,56	103,50	101,90	100,79	96,33	94,56	90,77	89,19	87,98	87,77	87,47	87,18	86,91	86,08	86,08
14	113,97	113,19	112,90	111,64	108,94	107,73	103,55	101,41	98,71	97,97	92,21	91,21	88,31	86,42	85,88	85,16	84,76	84,70	84,44	84,54	84,43
15	113,67	112,87	112,82	112,25	111,69	109,79	102,40	101,47	100,57	98,57	94,90	91,52	88,26	86,30	85,03	84,49	84,15	84,07	83,84	83,86	83,72
PESO (gr) ARBOL 10																					
A-1	**INICIAL DIA 6**	**30ºC DIA 7**	**35ºC DIA 8**	**40ºC DIA 9**	**45ºC DIA 10**	**50ºC DIA 11**	**55ºC DIA 12**	**60ºC DIA 13**	**65ºC DIA 14**	**70ºC DIA 15**	**75ºC DIA 16**	**80ºC DIA 17**	**85ºC DIA 18**	**90ºC DIA 19**	**95ºC DIA 20**	**100ºC DIA 21**	**105ºC DIA 22**	**105ºC DIA 23**	**105ºC DIA 24**	**105º DIA 25**	**105ºC DIA 26**

1	118,72	117,57	116,33	114,52	114,14	111,47	109,67	106,85	104,63	103,40	101,35	98,94	94,69	92,39	90,82	89,74	89,23	89,13	89,14	89,13	89,13
2	120,57	108,06	117,06	115,88	115,29	114,20	108,78	104,99	104,07	100,48	100,02	98,16	93,61	93,32	90,90	90,15	89,48	89,25	89,20	89,04	89,90
3	121,53	120,76	119,59	119,02	117,84	116,31	112,42	107,33	101,72	100,65	98,96	96,54	93,61	91,52	90,01	89,19	88,82	88,62	88,56	88,43	88,20
4	112,10	110,64	108,77	106,21	102,63	97,43	95,58	92,71	91,14	90,11	88,24	85,00	80,91	79,94	78,67	78,25	77,78	77,66	77,71	77,62	77,62
5	112,97	110,88	108,70	106,82	105,87	100,32	92,92	89,70	88,38	85,89	85,51	82,89	80,16	78,39	77,21	76,91	76,60	76,33	76,42	76,31	76,21
6	115,09	112,20	112,12	111,51	110,26	104,80	99,56	97,74	93,61	89,99	89,45	87,12	81,97	82,26	80,20	79,76	79,27	79,18	79,18	79,18	79,18
7	104,56	113,50	111,63	110,91	100,14	108,23	100,57	92,37	91,74	91,18	88,40	83,45	81,48	80,14	79,51	78,99	78,39	78,33	78,28	78,21	78,21
8	113,93	111,08	108,44	105,78	105,36	98,91	96,44	92,39	87,87	86,63	85,16	84,13	81,86	80,40	78,88	78,49	78,08	77,86	77,90	77,86	77,67
9	115,65	114,35	111,06	109,36	101,18	98,08	91,02	90,22	90,21	90,10	88,29	86,83	81,81	81,50	79,29	78,74	78,55	78,51	78,34	78,27	78,23
10	116,23	114,60	112,76	112,46	110,96	109,44	103,17	99,87	93,97	90,98	89,68	85,27	81,47	80,49	79,27	78,78	78,44	78,15	78,31	78,21	78,19
11	115,46	114,50	112,70	111,83	111,43	106,28	101,30	96,15	93,94	91,96	88,71	86,18	82,57	81,95	80,14	79,39	79,17	78,86	78,88	78,78	78,73
12	111,61	109,59	106,11	105,93	104,37	104,15	100,37	98,21	94,46	91,95	89,66	87,28	83,36	81,52	79,57	78,63	78,28	78,19	78,20	78,19	78,19
13	108,56	106,89	104,99	101,25	101,21	95,17	93,48	91,76	87,87	83,57	83,30	81,40	79,45	78,32	76,89	76,43	76,01	75,87	75,92	75,83	75,83
14	106,56	109,81	100,26	95,36	87,87	86,34	78,04	69,92	66,24	65,09	63,60	60,34	57,90	56,90	56,15	55,75	55,52	55,43	55,43	55,43	55,43
15	107,09	103,82	101,45	95,00	90,23	83,85	71,78	69,94	63,09	60,20	60,82	60,46	58,72	57,21	56,41	56,09	55,78	55,80	55,79	55,71	55,70

Anexo V: Datos de volumen inicial y final (cm^3) de probetas, obtenidos en laboratorio.

Árbol-1			Árbol-2			Árbol-3			Árbol-4			Árbol-5		
Nº	**INICIAL**	**FINAL**	**Nº**	**INICIAL**	**FINAL**	**Nº**	**INICIAL**	**FINAL**	**Nº**	**INICIAL**	**FINAL**	**Nº**	**INICIAL**	**FINAL**
1	104	93	1	104	90	1	92	82	1	95	83	1	103	91
2	103	92	2	105	90	2	92	84	2	97	87	2	104	93
3	103	91	3	103	91	3	93	85	3	97	84	3	104	93
4	101	90	4	104	89	4	93	85	4	97	83	4	105	94
5	103	91	5	104	90	5	92	84	5	97	83	5	106	94
6	103	92	6	104	91	6	92	84	6	96	82	6	105	94
7	103	93	7	103	91	7	94	85	7	96	83	7	104	93
8	103	93	8	103	91	8	95	83	8	96	83	8	105	94
9	103	94	9	103	92	9	92	81	9	96	84	9	105	94
10	100	92	10	103	92				10	94	84	10	105	94
11	103	93	11	105	94				11	96	85	11	106	93
12	102	92	12	104	94				12	95	86	12	104	92
13	102	92	13	105	94				13	97	85	13	106	93
14	104	92	14	105	95				14	96	86			

Árbol-6			Árbol-7			Árbol-8			Árbol-9			Árbol-10		
Nº	**INICIAL**	**FINAL**	**Nº**	**INICIAL**	**FINAL**	**Nº**	**INICIAL**	**FINAL**	**Nº**	**INICIAL**	**FINAL**	**Nº**	**INICIAL**	**FINAL**
1	102	88	1	101	87	1	103	92	1	95	85	1	103	92
2	103	89	2	103	90	2	104	92	2	103	93	2	102	90
3	102	87	3	103	90	3	102	90	3	103	93	3	102	90
4	102	86	4	102	89	4	102	90	4	103	92	4	102	89
5	103	86	5	104	91	5	103	89	5	104	93	5	102	88
6	101	86	6	103	89	6	102	90	6	103	93	6	102	89
7	101	87	7	103	88	7	101	90	7	104	94	7	102	89
8	101	88	8	103	89	8	103	91	8	104	95	8	102	89
9	103	90	9	103	89	9	103	91	9	104	95	9	102	90
10	102	90	10	103	88	10	101	91	10	104	95	10	101	90
11	102	92	11	103	89	11	102	92	11	103	95	11	102	90
12	99	88				12	103	93	12	104	95	12	102	93
						13	102	92	13	104	96	13	101	90
						14	102	94	14	103	95	14	101	92
						15	102	93	15	102	94	15	101	92

Anexo VI: Datos de dimensión micrométrica inicial y final (cm^3) de probetas, obtenidos en laboratorio.

a. Dimensión micrométrica inicial

ÁRBOL-1				ÁRBOL-2				ÁRBOL-3				ÁRBOL-4			
Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL
1	32,900	32,383	99,537	1	32,758	32,568	99,743	1	30,711	31,243	96,833	1	31,114	31,121	100,483
2	32,764	32,437	99,653	2	32,724	32,574	99,778	2	31,064	31,504	96,991	2	31,716	31,486	100,712
3	32,717	32,441	99,527	3	32,624	32,464	99,953	3	31,259	31,421	97,871	3	31,291	31,474	100,712
4	32,792	32,031	99,580	4	32,819	32,467	99,675	4	31,156	31,237	96,852	4	31,254	31,373	100,968
5	32,792	32,236	99,559	5	32,877	32,603	99,498	5	31,112	31,202	97,451	5	31,525	31,603	100,997
6	32,721	32,350	99,579	6	32,788	32,397	99,559	6	31,123	31,458	96,554	6	31,214	31,268	100,997
7	32,846	32,466	99,563	7	32,924	32,356	99,582	7	31,583	31,407	96,938	7	31,520	31,313	100,953
8	32,731	32,386	99,709	8	32,758	32,522	99,366	8	31,500	31,767	97,965	8	31,237	31,321	101,011
9	33,119	32,407	99,620	9	32,676	32,477	99,589	9	31,582	31,238	96,209	9	31,239	31,292	100,866
10	32,492	32,040	99,783	10	32,757	32,603	99,624					10	31,178	30,998	100,484
11	32,938	32,214	99,528	11	32,797	32,697	99,649					11	31,227	31,210	100,695
12	32,827	32,040	99,241	12	32,479	32,821	99,945					12	31,201	31,287	100,543
13	32,920	32,295	98,939	13	32,714	32,822	99,926					13	31,227	31,241	100,808
14	33,089	32,604	99,229	14	32,621	32,778	99,939					14	31,182	31,414	100,585

ÁRBOL -5				ÁRBOL -6				ÁRBOL -7				ÁRBOL -8			
Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL
1	32,945	32,323	99,453	1	32,314	32,534	99,667	1	32,491	32,204	99,187	1	OBLICUO	OBLICUO	99,781
2	32,983	32,410	100,150	2	32,768	32,389	99,459	2	32,774	32,396	99,541	2	OBLICUO	OBLICUO	99,613

3	32,499	32,546	100,624	3	32,855	32,381	99,107	3	32,846	32,424	99,405	3	OBLICUO	OBLICUO	99,083
4	32,816	32,647	100,895	4	32,807	32,583	99,126	4	32,650	32,129	99,646	4	OBLICUO	OBLICUO	98,664
5	32,849	32,434	101,184	5	32,858	32,460	98,873	5	32,736	32,611	99,899	5	OBLICUO	OBLICUO	99,064
6	32,890	32,489	101,214	6	32,765	32,118	98,642	6	32,811	32,236	99,362	6	OBLICUO	OBLICUO	98,843
7	32,663	32,348	101,141	7	32,563	32,213	98,721	7	32,826	32,654	99,384	7	OBLICUO	OBLICUO	98,372
8	33,020	32,579	101,020	8	32,774	32,206	98,706	8	32,805	32,583	99,203	8	OBLICUO	OBLICUO	98,550
9	32,755	32,749	100,882	9	32,522	32,727	98,869	9	33,005	32,340	98,994	9	OBLICUO	OBLICUO	98,054
10	32,947	32,798	100,739	10	32,773	32,521	98,977	10	33,094	32,520	99,017	10	OBLICUO	OBLICUO	98,813
11	33,020	32,917	100,397	11	32,768	32,668	98,796	11	32,897	32,473	98,795	11	OBLICUO	OBLICUO	98,629
12	32,603	32,516	100,173	12	32,823	32,684	98,628					12	OBLICUO	OBLICUO	98,971
13	32,795	32,598	100,134									13	OBLICUO	OBLICUO	98,927
												14	OBLICUO	OBLICUO	98,792
												15	OBLICUO	OBLICUO	99,073

ÁRBOL -9				ÁRBOL -10			
Nº	**DIMENSION TANGENCIAL**	**DIMENSION RADIAL**	**DIMENSION LONGITUDINAL**	**Nº**	**DIMENSION TANGENCIAL**	**DIMENSION RADIAL**	**DIMENSION LONGITUDINAL**
1	31,102	31,328	100,253	1	32,352	32,866	99,227
2	32,719	32,587	100,332	2	32,426	32,641	98,306
3	32,598	32,323	100,114	3	32,374	32,774	98,807
4	32,691	32,384	100,200	4	32,737	32,264	98,969
5	32,731	32,586	100,128	5	32,505	32,458	99,344
6	32,707	32,384	100,121	6	32,507	32,439	99,628
7	32,715	32,546	100,477	7	32,621	32,458	99,565
8	32,731	32,595	100,349	8	32,520	32,367	99,504
9	33,016	32,642	100,337	9	32,495	32,277	99,384
10	32,675	32,597	100,212	10	32,319	32,291	99,605

11	32,742	32,544	100,490	11	32,162	32,463	99,587
12	32,634	32,527	100,225	12	32,270	32,314	99,719
13	32,774	32,584	99,829	13	32,561	31,903	99,678
14	32,869	32,488	99,611	14	32,243	32,082	99,237
15	32,554	32,509	99,068	15	32,673	32,316	99,111

b. Dimensión micrométrica final

ÁRBOL-1				ÁRBOL-2				ÁRBOL-3				ÁRBOL-4			
Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL
1	30,407	31,223	98,788	1	29,103	30,935	99,871	1	28,429	30,058	96,456	1	28,263	29,646	99,781
2	30,008	31,036	98,957	2	29,433	30,819	99,469	2	28,922	30,243	96,571	2	29,054	30,249	99,764
3	29,630	30,968	99,186	3	29,348	30,536	99,708	3	29,155	30,078	97,075	3	28,345	29,881	99,773
4	29,766	30,528	99,231	4	29,393	30,450	99,639	4	29,528	30,209	95,725	4	28,038	29,661	100,054
5	29,885	30,701	99,379	5	29,723	30,621	99,358	5	28,936	30,153	96,745	5	28,329	29,541	99,405
6	30,100	30,846	99,273	6	29,759	30,980	99,034	6	29,048	30,357	95,952	6	27,853	29,701	100,130
7	30,231	30,955	99,385	7	30,247	30,739	98,963	7	29,405	30,171	96,376	7	28,309	29,724	98,021
8	30,224	30,899	99,497	8	30,117	31,055	98,534	8	28,254	30,274	96,873	8	28,039	29,701	99,413
9	30,505	31,041	99,242	9	30,037	30,961	98,949	9	29,189	29,888	95,161	9	28,269	29,819	100,367
10	30,174	30,762	99,208	10	30,521	30,864	97,857					10	28,559	29,610	99,926
11	30,466	30,881	99,229	11	30,670	31,329	99,033					11	28,454	29,883	100,304
12	30,467	30,726	98,801	12	30,098	31,446	99,211					12	28,890	29,852	100,199
13	30,214	30,915	98,236	13	30,321	31,328	99,203					13	28,761	29,829	100,193
14	30,063	30,980	98,660	14	30,386	31,497	98,989					14	29,180	29,980	99,964

ÁRBOL -5				ÁRBOL -6				ÁRBOL -7				ÁRBOL -8			
Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL
1	30,019	30,678	99,442	1	28,965	30,897	99,384	1	29,109	30,450	99,228	1	OBLICUO	OBLICUO	99,127
2	30,300	31,078	99,701	2	29,524	30,701	99,296	2	29,653	30,783	98,896	2	OBLICUO	OBLICUO	98,389
3	29,889	31,179	100,138	3	29,026	30,413	98,847	3	29,528	30,676	98,954	3	OBLICUO	OBLICUO	98,436
4	30,379	31,097	100,307	4	28,686	30,376	99,034	4	29,541	30,637	98,911	4	OBLICUO	OBLICUO	98,369
5	30,198	31,154	100,597	5	28,687	30,239	98,793	5	30,069	30,715	98,446	5	OBLICUO	OBLICUO	98,064
6	30,293	31,008	100,522	6	29,129	30,078	98,695	6	29,342	30,550	99,058	6	OBLICUO	OBLICUO	97,722
7	30,210	30,845	99,764	7	29,167	30,266	98,685	7	29,197	30,707	98,708	7	OBLICUO	OBLICUO	97,477
8	30,370	31,038	100,248	8	29,233	30,366	98,617	8	30,050	30,716	97,194	8	OBLICUO	OBLICUO	97,834
9	30,240	31,284	99,435	9	29,452	30,776	98,387	9	30,065	30,361	97,296	9	OBLICUO	OBLICUO	97,312
10	30,863	31,289	98,363	10	RAJADO	RAJADO	98,499	10	31,786	30,357	98,827	10	OBLICUO	OBLICUO	97,116
11	30,441	31,024	99,428	11	30,374	RAJADO	98,097	11	29,826	30,669	98,214	11	OBLICUO	OBLICUO	97,807
12	29,841	31,947	99,333	12	RAJADO	RAJADO	98,564					12	OBLICUO	OBLICUO	98,407
13	30,488	31,255	99,259									13	OBLICUO	OBLICUO	98,317
												14	OBLICUO	OBLICUO	98,059
												15	OBLICUO	OBLICUO	98,419

ÁRBOL-9				ÁRBOL-10			
Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL	Nº	DIMENSION TANGENCIAL	DIMENSION RADIAL	DIMENSION LONGITUDINAL
1	28,396	30,165	100,132	1	29,591	31,673	98,679
2	29,830	31,301	100,035	2	29,371	31,374	97,600
3	30,027	31,090	99,948	3	29,256	31,460	97,895
4	30,109	30,783	99,896	4	29,306	30,742	98,552
5	30,179	30,991	99,588	5	29,316	30,416	99,240
6	29,910	31,139	100,026	6	29,136	30,541	99,547
7	30,245	31,133	99,985	7	29,312	30,650	99,620
8	30,598	31,070	99,837	8	29,284	30,833	99,344
9	30,757	31,026	99,721	9	29,491	30,714	98.,940
10	31,199	31,194	99,257	10	29,506	30,907	98,848
11	30,878	31,090	99,344	11	29,396	30,878	99,187
12	30,704	31,194	99,548	12	29,774	30,987	99,474
13	30,982	31,556	98,548	13	29,923	30,666	99,289
14	31,117	31,367	97,967	14	29,636	30,950	99,075
15	31,431	31,256	97,136	15	30,001	31,034	98,691

Anexo VII: Matriz de consistencia

Tesis: “Variación radial de las propiedades físicas de la especie Hymenaea courbaril L., en el Consolidado Maderacre - Tahuamanu”

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores
Problema Principal ¿Existirá variación radial significativa de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L., de los bosques naturales del consolidado Maderacre - Tahuamanu? **Problemas Específicos:** 1. ¿Qué comportamiento tiene el contenido de humedad, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L? 2. ¿Existirá variación radial de la densidad básica, anhidra y normal, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.? 3. ¿Existirá variación radial de la contracción longitudinal, tangencial, radial y volumétrica, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.? 4. ¿Cuál es el comportamiento del índice de estabilidad en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.?	**Objetivo General** Determinar la variación radial de las propiedades físicas de la madera de *Hymenaea courbaril* L., de los bosques naturales del consolidado Maderacre – Tahuamanu. **Objetivos Específicos:** 1. Determinar la variación radial del contenido de humedad, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L. 2. Determinar la variación radial de la densidad básica, anhidra y normal, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L. 3. Determinar la variación radial de la contracción longitudinal, tangencial, radial y volumétrica, en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L. 4. Determinar la variación radial del índice de estabilidad en la dirección médula – corteza de la especie *Hymenaea courbaril* L.	**Hipótesis alternativa** $H_A =$ Existe variación radial significativa de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza. **Hipótesis nula** $H_0 =$ No existe variación radial significativa de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril L.*, en dirección médula – corteza.	**Variables Dependientes** $Y_1 =$ Contenido de humedad en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (CH) $Y_2 =$ Densidad básica, anhidra y normal en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril L.* (D_B, D_{ANH}, D_N) $Y_3 =$ Contracción radial, longitudinal y volumétrica en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (C_R, C_L, C_V) $Y_4 =$ Índice de estabilidad en dirección transversal de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (T/R) **Variable independiente** $X_1 =$ Distancia médula-corteza de la rodaja obtenida a 1,30 m de la base de la especie *Hymenaea courbaril* L. (D_{mc})	$CH =$ Contenido de humedad $(\%)$ $D_B =$ Densidad básica (g/cm^3) $D_{ANH} =$ Densidad anhidra (g/cm^3) $D_N =$ Densidad normal (g/cm^3) $C_R =$ Contracción radial $(\%)$ $C_T =$ Contracción tangencial $(\%)$ $C_L =$ Contracción longitudinal $(\%)$ $C_V =$ Contracción volumétrica $(\%)$ $T/R =$ Índice de estabilidad $D_{mc} =$ Distancia médula-corteza (cm) $N_{probeta} =$ Número de probeta de 3x3x10cm en dirección médula-corteza

Anexo VIII: Constancia de identificación botánica

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS
Centro Investigación del Herbario Alwyn Gentry
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"
Año del Dialogo y la Reconciliación Nacional

CONSTANCIA

012-2018-HAG-UNAMAD

En mi calidad de Director del Centro de Investigación Herbario "Alwyn Gentry" de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios,

HACE CONSTAR:

Que las muestras botánicas han sido presentadas por el tesista. **Br. Pedro Raúl Alderete Villarroel** del proyecto de tesis titulado **" VARIACIÓN RADIAL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE *Hymenaea courbaril* L., EN EL CONSOLIDADO MADERACRE – TAHUAMANU "**

Los ejemplares han sido entregados a la colección del herbario constan de **03** especímenes que provienen de la Concesión Maderera "Consolidado Maderacre del departamento de Madre de Dios, provincia Tahuamanu. Las cuales fueron verificadas e identificadas en este Centro de enseñanza e Investigación HAG-UNAMAD. A continuación, ver el listado adjunto.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente

Puerto Maldonado, 05 de noviembre de 2018

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS · HERBARIO "ALWYN GENTRY"

Ing. Sufer Marcial Baez Quispe
Director del Herbario Alwyn Gentry- UNAMAD
Curador del Herbario HAG-UNAMAD

Cc.
Archivo
SMBQ/CIHAG
Sec .—

Anexo IX: Certificado de identificación de madera

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONSILIACIÓN NACIONAL"
"MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD DEL PERÚ"

CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN DE MADERA

Mediante el presente documento se certifica que las diez muestras de maderas presentada por el señor: ALDERETE VILLARROEL, Pedro Raúl, identificado con DNI N°: 04816294., ha pasado por un proceso de identificación organoléptico y macroscópico de sus características más resaltantes; y analizadas en sus 03 planos de corte (Transversal, tangencial y radial). Y analizado con el microscópio portátil (Dino-Lite Digital Misroccope DinoCapture 2.0).

Después de obtener los respetivos planos de corte en la carpintería y analizarlos con el microscopio estereoscopio con cámara incorporada, se llega a la conclusión que las diez muestras de maderas presentada por el señor ALDERETE VILLARROEL, Pedro Raúl, corresponden a la especie de ***Hymenaea courbaril*** **L.**

Dichas muestras se encuentran debidamente almacenadas en la Xiloteca de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Puerto Maldonado 15 de abril del 2018.

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios
Laboratorio de Anatomía de la Madera

M Sc Leif Armando Portal Cahuana
RESPONSABLE

Anexo X: Panel fotográfico de etapas de la investigación

a. Etapa 1: Preparación de rodajas para extracción de muestras en campo

Figura A. Acopio de 10 rodajas seleccionadas para el estudio de tesis en la obtención de las probetas.

Figura B. Detalle del Árbol_01: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 3 en función de la evaluación y observación de la no presencia severa de defectos anatómicos en el corte transversal que puedan generar problemas en la obtención de la probeta.

Figura C. Detalle del Árbol_02: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 4 de donde se obtuvo la vigueta y probeta.

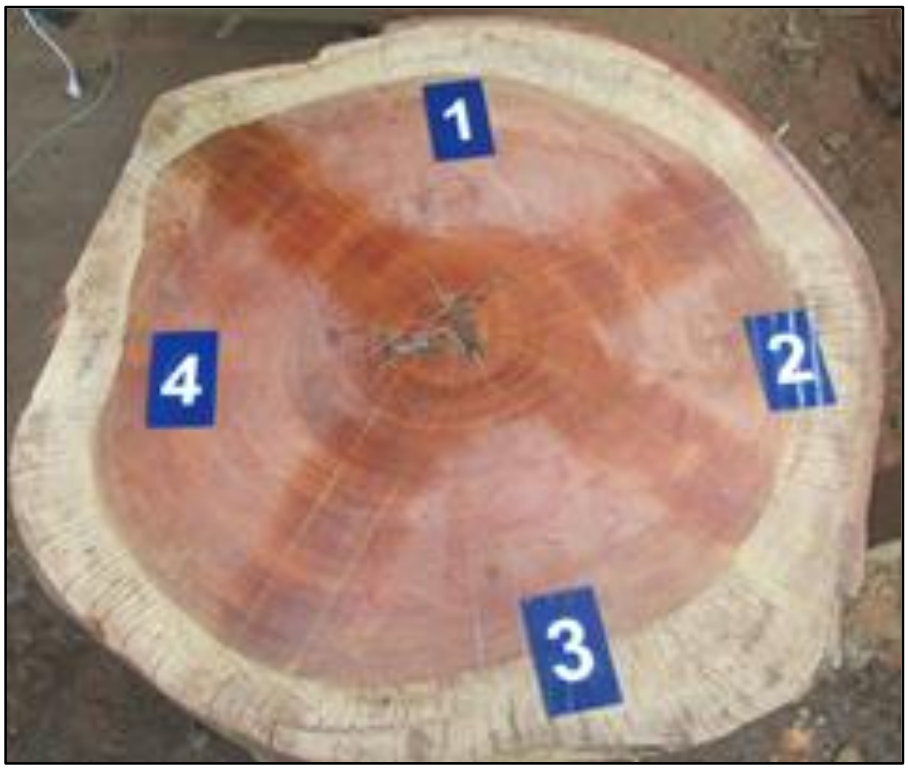

Figura D. Detalle del Árbol_03: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 3 de donde se obtuvo la vigueta y probeta.

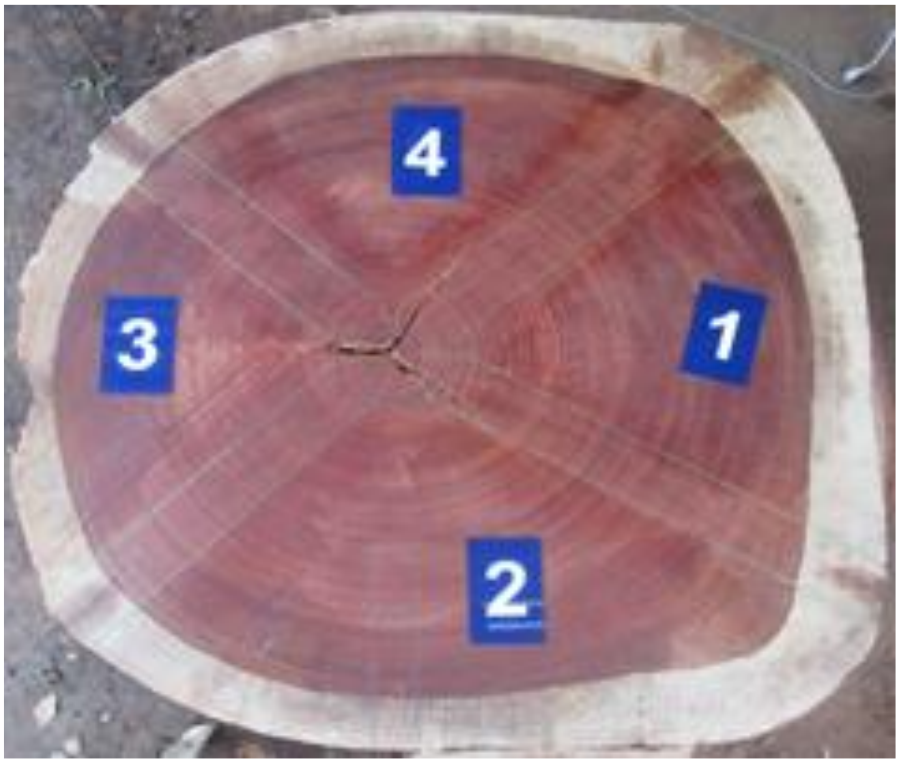

Figura E. Detalle del Árbol_04: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 2 de donde se obtuvo la vigueta y probeta.

Figura F. Detalle del Árbol_05: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 5 en función a la ausencia de rajaduras, que se sí encuentran presentes en los puntos 1 y 3.

Figura G. Detalle del Árbol_06: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 2 de donde se obtuvo la vigueta y probeta.

Figura H. Detalle del Árbol_07: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 3 de donde se obtuvo la vigueta y probeta.

Figura I. Detalle del Árbol_08: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 1 de donde se obtuvo la vigueta y probeta.

Figura J. Detalle del Árbol_09: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 2 de donde se obtuvo la vigueta y probeta.

Figura K. Detalle del Árbol_09: identificación de 4 puntos en la rodaja para elección del punto 4 de donde se obtuvo la vigueta y probeta.

b. Etapa 2: Cortado y aserrado de viguetas en carpintería

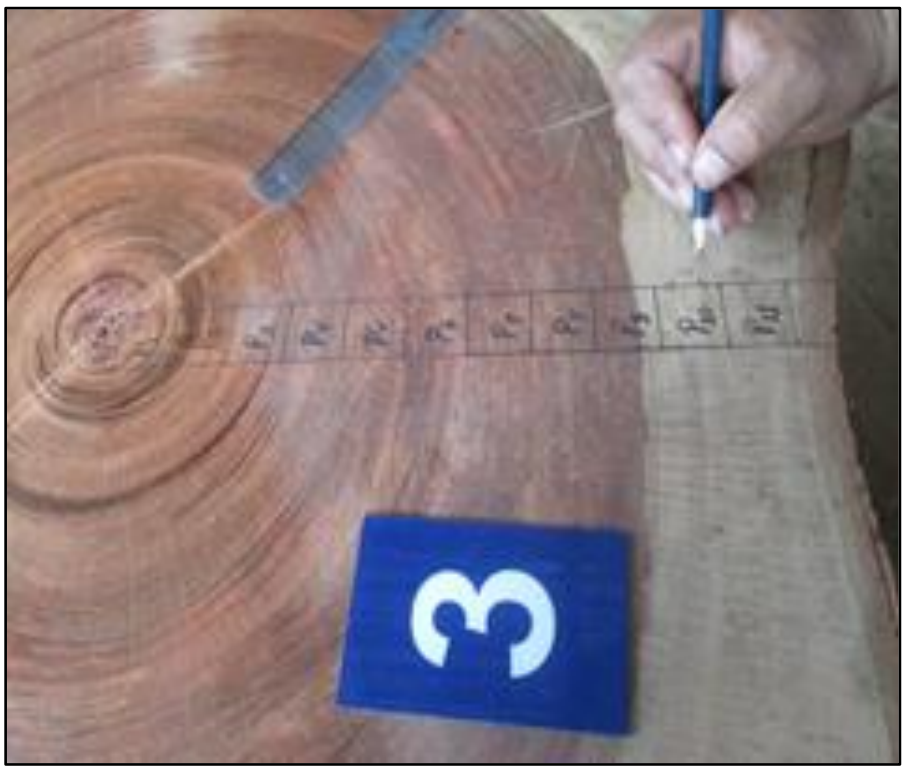

Figura L. Detalle del trazado de la vigueta y codificado de la probeta en dirección médula - corteza para aserrado de cada rodaja de *Hymenaea courbaril.*

Figura M. Corte de rodajas trazadas para obtención de viguetas de *Hymenaea courbaril* en dirección de la médula hacia la corteza.

Figura N. Codificado de viguetas de *Hymenaea courbaril* en función al código del árbol.

Figura O. Proceso de aserrado mediante sierra circular, para obtención de probetas de *Hymenaea courbaril* en función a las medidas.

Figura P. Probetas cortadas de cada árbol codificado con las dimensiones de 3,0 cm x 3,0 cm x 10 cm de longitud según establece la NTP-251.008_2016 y ordenadas en dirección de la médula hacia la corteza.

Figura Q. Probetas codificadas y trazadas en todas sus caras determinando el punto medio para la medición con el micrómetro.

Figura R. Proceso de saturación de probetas en agua fría clasificada según el código de cada árbol en su respectivo recipiente.

Figura S. Proceso de saturación de probetas durante un periodo de tiempo de 7 días en agua fría, para poder determinar el análisis del contenido de humedad en estado saturado.

Figura T. Etapa de pesado de probetas en balanza analítica de precisión y registro de datos obtenidos.

c. Etapa de Medición de probetas y obtención de datos en laboratorio.

Figura U. Toma de datos de volumen por inmersión de probetas en un vaso de precipitado de vidrio con un volumen de 1 litro de agua, para su posterior registro por cada ensayo.

Figura V. Registro de medidas dimensionales de las caras radial, tangencial y longitudinal de cada probeta utilizando micrómetro.

Figura W. Ingreso de probetas en estufa para secado diario a diferentes temperaturas por 20 días, temperatura de inicio: 30 °C, temperatura final: 105 °C.