

**“MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD DEL PERÚ”
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente

“Análisis comparativo de las propiedades físicas de la madera de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo), en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol y sus probables usos, Las Piedras – Tambopata”.

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Forestal y Medio Ambiente.

Bach. Pamela Bravo Cámara

Puerto Maldonado - Perú
2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente



TÍTULO:

“Análisis comparativo de las propiedades físicas de la madera de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo), en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol y sus probables usos, Las Piedras – Tambopata”.

Tesis

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Forestal y Medio Ambiente

PRESENTADO: BACH. PAMELA BRAVO CAMARA

Asesor: Dr. Emer Ronald Rosales Solórzano

Docente adscrito de la Facultad de Ingeniería

Co-Asesor: M.sc. Leif Armando Portal Cahuana

Docente adscrito de la Facultad de Ingeniería

Puerto Maldonado, Perú

2017

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1. Fundamentación del Problema	13
2. Objetivos	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. Formulacion de la Hipotesis	14
4. Variables	15
4.1 Variable Independiente: Las variables independientes son:.....	15
4.2 Variable Dependiente: Las variables Dependientes son:	15
CAPITULO I	16
1. Marco Teorico.....	16
1.1 Antecedentes.....	16
2. Revisión Bibliográfica	21
2.1 Clasificación taxonómica.....	21
2.2 Descripción Botánica.....	22
2.3 Ecología	23
2.4 Fenología	24
2.5 Semillas y Propagación.....	24
2.6 Distribución y Hábitat.....	25
2.7 Características de la madera.....	25
2.8 Variabilidad De La Madera	30
2.9 Madera Juvenil Y De Reaccion.....	32
2.11 Conceptos Fundamentales.....	33
CAPITULO II	45
2. Materiales Y Metodos.....	45
2.1 Aspectos Generales	45
2.2 Materiales, Equipos	50
2. Metodología	52

2.1 Procedimiento.....	52
CAPITULO III.....	69
3. Resultados Y Discusión	69
3.1 Contenido de Humedad	70
3.2 Densidad Básica	72
3.3 Densidad Normal	74
3.4 Densidad Anhidra.....	75
3.5 Contracción Radial.....	77
3.6 Contracción Tangencial	78
3.7 Contracción Longitudinal.....	81
3.8 Contracción Volumétrica	82
3.9 Índice de Estabilidad (T/R)	85
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	95
ANEXO I. Mapas	95
1.1. Mapa de Ubicación	95
1.2. Mapa de Dispersión	96
ANEXO II. Galería Fotográfica	97
2.1. Fotos Campo y Carpintería.....	97
2.2. Fotos Laboratorio	99
ANEXO III: Constancia de Identificación de Especímenes vegetales	101
ANEXO IV. Formatos	102
4.1. Formato Campo.....	102
4.2. Formato de Medida Inicial	103
4.3. Formato de Medida Final	104
4.4. Formato Determinacion de Peso	105

INDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1: Características Anatómicas.....	25
TABLA 2: Propiedades físicas y mecánicas de <i>D. guianense</i>	27
TABLA 3: Propiedades físicas y mecánicas de <i>D. guianense</i>	27
TABLA 4: Propiedades físicas y mecánicas de <i>D. guianense</i>	27
TABLA 5: Ubicación del área de Estudio	44
TABLA 6: Colindantes de la Concesión.....	44
TABLA 7: Características Climáticas.....	45
TABLA 8: Coordenadas de la Zona de Estudio.....	47
TABLA 9: Coordenadas de la Sub Zona.....	52
TABLA 10: Resumen del Inventario Forestal	54
TABLA 11: Población <i>D. guianense</i>	55
TABLA 12: Árboles seleccionados.....	56
TABLA 13: Codificación de trozas.....	58
TABLA 14: Selección y Codificación de probetas.....	59
TABLA 15: Codificación de probetas	60
TABLA 16: Dimensiones y números de probetas.....	60
TABLA 17: NTP Norma técnica Peruana	61
TABLA 18: NTP Norma técnica Peruana.....	68

INDICE DE FIGURAS	Pág
	.
FIGURA 1: Imagen Dendrológica de <i>D. guianense</i>	22
FIGURA 2: Vista Microscópica de <i>D. guianense</i>	26
FIGURA 3: Mapa de Localización geográfica del área de estudio.....	48
FIGURA 4: Mapa de Ubicación de la Zub zona y dispersión <i>D. guianense</i>	53
FIGURA 5: Proceso de la selección de troza hasta la obtención de probetas.	57
FIGURA 6: Variación longitudinal del Contenido de Humedad.....	69
FIGURA 7: Variación transversal del Contenido de Humedad	70
FIGURA 8: Variación longitudinal de la Densidad Básica.....	71
FIGURA 9: Variación transversal de la Densidad Básica.....	72
FIGURA 10: Variación longitudinal de la Densidad Normal	73
FIGURA 11: Variación transversal de la Densidad Normal.....	74
FIGURA 12. Variación longitudinal de la Densidad Anhidra.....	75
FIGURA 13: Variación transversal de la Densidad Anhidra.....	75
FIGURA 14: Variación longitudinal de la Contracción radial.....	76

FIGURA 15: Variación transversal de la Contracción radial	77
FIGURA 16: Variación longitudinal de la Contracción tangencial.....	78
FIGURA 17: Variación transversal de la Contracción tangencial.....	79
FIGURA 18: Variación longitudinal de la Contracción longitudinal.....	80
FIGURA 19: Variación transversal de la Contracción longitudinal.....	81
FIGURA 20: Variación longitudinal de la Contracción volumétrica.....	82
FIGURA 21: Variación transversal de la Contracción volumétrica.....	83
FIGURA 22: Variación longitudinal del Índice de Estabilidad.....	84
FIGURA 23: Variación transversal del Índice de Estabilidad.....	85

DEDICATORIA

Primero a Dios por darme la vida e iluminarme día a día para seguir adelante.

A mis padres; John Bravo y María Elena Cámara, mis abuelos José Cámara y Yolanda Tello por el apoyo infinito que he recibido de ustedes, por sus consejos, el amor que me han dado, por todo el sacrificio y trabajo que hicieron para lograr mis metas.

A mis hermanos; Yackeline y Aldair, por el amor que me han dado, por todos los buenos momentos compartidos, por motivarme a trabajar y esforzarme día a día, Gracias por ser los mejores hermanos y amigos.

A Edgar Torres Rojas, por todo el apoyo que me ha dado, y las ganas de ser mejor cada día.

A mis tíos; José Luis, Ronald, Susan y familiares. Quienes siempre estuvieron a mi lado y confiaron en mí, nunca me dejaron sola y estuvieron presentes en el momento oportuno.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento, por todo el apoyo brindado para la ejecución del presente trabajo de investigación:

A mis padres, a mis hermanos y familiares que siempre confiaron en mí y siempre me demostraron un cariño especial y estuvieron en cada momento pendiente de mí.

A la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente y a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, por haberme dado la oportunidad de formarme como profesional.

A mi asesor Dr. Emer Rosales Solórzano y a mi Co-asesor M.sc. Leif Armando Portal Cahuana por compartir sus conocimientos y su apoyo incondicional, y el tiempo brindado para la realización de mi tesis y así cumplir con mi objetivo. Gracias por su ayuda.

A mis Amigos que me apoyaron en el trabajo de campo y de laboratorio; Jaime Oblitas, Julio Rodríguez, Elmo Luque. Gracias por su ayuda.

A mis amigos y compañeros, que me acompañaron en esta linda etapa de mi vida, gracias por compartir buenos momentos conmigo.

A todos ustedes les estoy muy agradecida.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar y comparar la variabilidad de las propiedades físicas y usos según estudio físico del *Dialium guianense*, en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol, en el distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata. Fueron utilizados cinco árboles de *D. guianense* (botánicamente identificados), de ocurrencia natural en la región de Madre de Dios. Fueron determinadas las propiedades físicas del contenido de humedad, densidad básica, densidad normal, densidad anhidra, contracción radial, contracción tangencial, contracción longitudinal, contracción volumétrica y el índice de estabilidad, teniendo como protocolo la Norma Técnica Peruana. Se analizó la variación longitudinal (rama, ápice, centro y base) y la variación transversal (duramen y albura), dichos análisis fueron realizados en los ambientes de la xiloteca de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Los resultados muestran que el contenido de humedad presenta una variación longitudinal de 55,58 a 60,20%, en la variación transversal, la albura y el duramen son estadísticamente diferentes y el contenido de humedad promedio para la especie fue de 57,34%; sobre la densidad básica, presenta una variación longitudinal de 0,76 a 0,79 g/cm³, la densidad básica promedio fue de 0,78 g/cm³, clasificándola como densidad básica muy alta. Sobre la densidad normal, en la variación longitudinal, son estadísticamente iguales en las cuatro posiciones, y la densidad normal promedio fue de 1,23 g/cm³. Sobre la densidad anhidra, presenta una variación longitudinal de 0,88 a 0,93 g/cm³, la densidad anhidra promedio fue de 0,90 g/cm³; sobre la variación transversal (albura - duramen) en la densidad básica, densidad normal y la densidad anhidra son estadísticamente diferentes y la albura siempre presenta menor densidad en comparación con el duramen.

Sobre la contracción radial, contracción tangencial y la contracción volumétrica, en la variación longitudinal, las cuatro posiciones son estadísticamente iguales; sobre la variación transversal de la contracción radial, contracción tangencial y la contracción volumétrica, la albura y el duramen son estadísticamente diferentes, donde la posición

de la albura presento siempre menor contracciones que la posición del duramen; la contracción radial promedio fue de 4,88%, la contracción tangencial promedio fue de 9,80%, la contracción volumétrica promedio fue de 13,37%. La contracción longitudinal, en la variación longitudinal tuvo un comportamiento diferente a las otras contracciones de la madera, donde presento una variación de 0,21 a 0,33 % y sobre la variación transversal en la contracción longitudinal son estadísticamente iguales; la contracción longitudinal promedio fue de 0,27%. Sobre el índice de estabilidad, en la variación longitudinal son estadísticamente iguales en las cuatro posiciones; sobre la variación transversal, la albura y el duramen son estadísticamente diferentes, donde la posición de la albura presento mayor índice de estabilidad que la posición del duramen; el índice de estabilidad promedio fue de 2,06.

La especie *D. guianense*, en función a las propiedades físicas analizadas, puede ser utilizada en: Construcción civil y marinas, durmientes de ferrocarril, postes, estructura para puentes, mango de herramientas e implementos agrícolas, pisos industriales con alto tráfico, parquet, chapas decorativas, escaleras y aditamentos para carretas o carruajes.

Palabras Clave: Variacion Longitudinal, Variacion Transversal, *Dialium guianense*, Tecnologia de la madera, Indice de Estabilidad, Madre de Dios.

ABSTRACT

The objective of the present research was to determine and compare the variability of the physical properties and uses physical study of the *Dialium guianense*, in the longitudinal and transverse sense of four portions of the tree, in the District of Las Piedras, province of Tambopata. Five trees of *D. guianense* (botanically identified), natural occurrence in the region of Madre de Dios were used. The physical properties of the contents of moisture, basic density, normal density, anhydrous density, radial shrinkage, tangential contraction, longitudinal shrinkage, volumetric shrinkage and the stability index, as the technical Peruvian standard protocol were determined. Longitudinal variation (branch, Apex, Center and base) and the cross-sectional variation (heartwood and sapwood) were analyzed, these analyses were carried out in the Amazon National University of Madre de Dios xiloteca environments. The results show that the moisture content presents a longitudinal variation of 55,58 to 60,20% by cross-sectional variation, the sapwood and the heartwood are statistically different and average moisture for the species was 57,34% on basic density, presents a longitudinal variation of 0,76 to 0,79 g/cm³, the average basic density was 0,78 g cm³, classifying it as very high basic density. On the normal density, in the longitudinal variation, they are statistically equal in all four positions, and the average normal density was 1,23 g/cm³. On the anhydrous density, presents a longitudinal variation from 0,88 to 0,93 g/cm³, the average anhydrous density was 0,90 g cm³; on the transverse variation (sapwood - heartwood) basic density, normal density and the density of anhydrous are statistically different and sapwood always present lower density compared to the heartwood.

On the radial contraction, tangential contraction and volumetric shrinkage, in the longitudinal variation, four positions are statistically equal; about cross-sectional variation in the radial contraction, tangential contraction and volumetric shrinkage, the sapwood and the heartwood are statistically different, where the position of the sapwood present always minor contractions that the position of the heartwood; the average radial contraction was 4.88%, tangential contraction averaged 9,80%, volumetric shrinkage average was 13,37%. Longitudinal contraction, in the longitudinal

variation had a different behavior to other wood, where I present a variation of 0,21-0,33% and contractions on the cross-sectional variation in longitudinal Shrinkage are statistically the same. the average longitudinal contraction was 0,27%. On the stability index, in the longitudinal variation are statistically equal in all four positions; on the transverse variation, the sapwood and the heartwood are statistically different, where the position of the sapwood presented higher stability index that the position of the heartwood; the average stability index was 2.06.

The species *D. guianense*, according to the analyzed physical properties, can be used in: civil and marine construction, railway, Poles, structure for bridges, sleepers handle tools and agricultural implements, industrial floors with high traffic, parquet, decorative veneers, stairs and attachments for wagons or carriages.

Key Words: Longitudinal Variation, Transversal Variation, *Guyanese dialium*, Wood Technology, Stability Index, Madre de Dios.

INTRODUCCIÓN

En Madre de Dios, y en toda la región amazónica del Perú, las especies maderables de los bosques no son aprovechados adecuadamente, el aprovechamiento es de manera selectiva por especies de mayor interés, lo cual conlleva a la sobre explotación de estas, sin tomar en cuenta maderas que están presentes en los bosques amazónicos, pero que son poco o nada conocidos.

El limitado conocimiento de las propiedades tecnológicas de maderas de bosques no ha permitido incorporar especies maderables “nuevas” a los mercados locales, nacionales e internacionales, por eso para garantizar un óptimo aprovechamiento de las maderas, se requiere conocer las características anatómicas, propiedades físicas y mecánicas, para darle un adecuado uso de la madera y generar beneficios económicos para las poblaciones locales, debido a la oferta de una mayor variedad de oportunidades de producción con un mínimo impacto ambiental.

“El manejo sustentable 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 comerciales varían ampliamente en sus propiedades químicas, físicas, mecánicas y aptitud de usos” (Toledo & Rincón, 1996). Asimismo, “muchos concesionarios y empresas de transformación mecánica de la madera 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” (Toledo & Rincón, 1996).

Por eso el objetivo de la presente investigación fue determinar las propiedades físicas y sus probables usos del *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo) provenientes del Distrito de Las Piedras, Provincia de Tambopata, Departamento Madre de Dios - Perú.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. Fundamentación del Problema

El *Dialium guianense* (tamarindo), un árbol poco conocido, sin embargo, es una especie que se desarrolla bien en los bosques de la amazonia peruana y no se usa como madera en la industria forestal.

En Madre de Dios la actividad forestal con fines maderables representa una de las actividades económicas, sin embargo las especies maderables comerciales conocidas, han experimentado un aprovechamiento selectivo de manera insostenible debido a los altos precios de la madera, reduciendo consecuentemente las poblaciones de individuos adultos, causando probablemente de esta manera impactos negativos, hoy en día el sector dedicada a esta actividad requiere de nuevas especies a aprovechar.

Por eso, el presente estudio busca dar a conocer nuevas especies maderables como *D. guianense*, de ahí la presente investigación de las propiedades físicas de dicha especie, que pueda ser una manera de alternativa para la sustitución de maderas conocidas, con este estudio se conocerá los probables usos en la cual se utilizara.

Por ello el problema central de la investigación, se plantea con la pregunta siguiente:

¿Cuáles serán las variabilidades de las propiedades físicas y probables usos de la madera analizando los estudios físicos del *Dialium guianense* en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- “Determinar y comparar la variabilidad de las propiedades físicas y usos según estudio físico del *D. guianense*, en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol, Las Piedras – Tambopata”.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar y comparar la variación longitudinal, variación transversal del contenido de humedad (CH) en el fuste, ramas, duramen y albura; y el contenido de humedad promedio para la especie *D. guianense*.
- Determinar y comparar la variación longitudinal, variación transversal, densidad normal (DN), densidad básica (DB) y la densidad anhidra (DAH) en el fuste, ramas, duramen y albura; y las densidades promedio para la especie *D. guianense*.
- Determinar y comparar variación longitudinal, variación transversal de la contracción volumétrica (CV), contracción radial (CR), Contracción tangencial (CT) Contracción longitudinal (CL) y el índice de estabilidad (T/C) en el fuste, ramas, duramen y albura; y las contracciones promedio y el índice de estabilidad para la especie *D. guianense*.
- Establecer los usos probables de la madera del *D. guianense*. en función a los resultados obtenidos.

3. Formulacion de la Hipotesis

- **Ha:** Las propiedades físicas del *D. guianense* son variables en el sentido longitudinal – transversal del árbol, en el distrito Las Piedras.
- **Ho:** Las propiedades físicas del *D. guianense* no son variables en el sentido longitudinal – transversal del árbol, en el distrito Las Piedras.

4. Variables

4.1 Variable Independiente: Las variables independientes son:

- Sentido Longitudinal
- Sentido Transversal

- ✓ **Indicadores:**
 - Rama, Ápice, Centro, Base
 - Albura, Duramen

4.2 Variable Dependiente: Las variables Dependientes son:

- Propiedades Físicas

- ✓ **Indicadores:**
 - Contenido de Humedad
 - Densidad Básica
 - Densidad Normal
 - Densidad Anhidra
 - Contracción Radial
 - Contracción Longitudinal
 - Contracción Tangencial
 - Contracción Volumétrica
 - Índice de Estabilidad

CAPITULO I

1. Marco Teórico

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes a nivel internacional

Solórzano, Albarracín, Mogollón (2016), en su estudio titulado “Potencialidad de Uso de la Madera de 15 Especies Forestales, Procedentes de la Uof Yarí-Caguán, Departamento de Caquetá”, tuvieron como objetivo analizar las propiedades físico-mecánicas de quince 15 especies y propone su más adecuado uso, con la finalidad de contribuir con el uso sustentable de este recurso. “Como resultados del estudio se obtuvieron setenta y un (71) usos potenciales para las 15 especies, agrupados en cuatro unidades. (i) Grupo de especies de madera liviana (*V. pavonis*, *P. nitida*, *C. matourensis* y *Q. paraensis*) se asociaron usos de poca transformación como huacales, encofrados, aisladores y otros de transformación de mejor acabado como maquetas y modelos para fundición; (ii) Grupo de especies de la familia Lauraceae (*Endlicheria sp*, *A. panaurensis*, *O. myriantha*, *N. membranaceae*), maderas livianas a medianamente pesadas, presentaron usos como balsas, muebles y alma de tableros enlistonados; (iii) Grupo de las especies *Inga nobilis*, *Qualea acuminata*, *Ocotea cf. cymbarum*, *Clarisia racemosa* e *Hymenolobium cf. petraeum*, en este grupo se diferenciaron características físicas de la madera como dirección del grano y textura, que determinaron el subgrupo de torneado y tallado como muebles, artesanías, culatas para armas, instrumentos musicales, y el subgrupo de madera de construcción; (iv) Grupo de especies de madera con densidades altas (*E. parviflora*, *E. albiflora*, *D. guianense* e *H. oblongifolia*), en donde se destacaron los usos de tráfico pesado como pisos, durmientes, armazones en general estructura de buques y otros que se relacionan con la manufactura como quillas y arcos para violines”.

Rocha, L., et al (2014), Con el objetivo de descubrir las posibles combinaciones de especies de maderas diferentes con base en la relación de densidad x color para la aplicación en pisos, se desarrolló el presente estudio, en el cual se consideraron

características como, dureza y la contracción de las 95 especies investigadas hasta llegar al grupo de 30 especies. De estas, con base en la densidad y el color de cada una, constatamos que las maderas más oscuras son también las más pesadas. Se observa que no todas las especies más oscuras pueden ser combinadas con las más claras, ya que poseen una gran variación de densidad, lo que interferirá con la contracción de las especies.

Tamarit & Fuentes (2003), tuvieron como objetivo “determinar los modelos que interpretan el comportamiento de 63 maderas latifoliadas mexicanas respecto a las correlaciones entre la densidad básica (DB) y los parámetros de humedad, siendo estos el punto de saturación de la fibra (PSF), contenido de humedad libre (CHL) y máximo contenido de humedad (MCH)”. Tamarit y Fuentes (2003), “encontraron que, la DB varía en un rango de 1.05 a 0.29 g·cm⁻³, se encontró que el PSF estimado varía del 13 a 38 %, en tanto que el ajustado tiene un comportamiento logarítmico y varía del 15 a 35 %; El CHL estimado varía del 9 a 243 % y el ajustado presenta un comportamiento exponencial variando del 14 a 238 %. El MCH estimado varía del 29 a 279 % y el ajustado exhibió un comportamiento exponencial variando del 28 a 250 %”. Asimismo, encontraron que “estos mismos parámetros de humedad expresados en l·m⁻³ presentaron el siguiente comportamiento el PSF estimado varía de 219 a 86 l·m⁻³, en tanto que el ajustado tiene un comportamiento polinomial de tercer grado y varía de 215 a 96 l·m⁻³; el CHL estimado varía de 94 a 707 l·m⁻³ en tanto que el ajustado presenta un comportamiento lineal y varía de 128 a 699 l·m⁻³, por otra parte, el MCH estimado varía del 313 a 810 l·m⁻³, mientras que el MCH ajustado exhibió un comportamiento lineal con el mismo intervalo de variación”.

Reyes, G., et al (1992), Dentro del estudio de las Densidades de madera de especies de árboles tropicales, se presenta la Información de densidad de madera para un gran número de árboles tropicales, la base de datos incluye 1280 Entradas de América tropical (40 por ciento), Asia tropical (36 por ciento), Y África tropical (24 por ciento). La madera más frecuente Fueron con densidades de 0,5 a 0,8

g/cm³. En los tres continentes tropicales, La clase más frecuente fue la de 0,5 a 0,6 g/cm³. Estos datos son Útiles para una amplia variedad de aplicaciones prácticas y científicas, Incluyendo la estimación de la biomasa forestal de madera como una base de datos.

García & Moya (1998), evaluaron “la eficiencia de las sierras de cinta o de banda con las características de los dientes más comunes que se utilizan en la industria Costarricense, así también con tratamientos recomendados para maderas duras (dientes calzados con estelita) como en el caso de la especie de *Dialium guianense* (Aubl) Sandwith ya que no es utilizada en Costa Rica a pesar de su gran abundancia por considerarse madera extremadamente dura y abrasiva”. Asimismo, Garcia y Moya (1998), “determinaron el contenido de sílice en la especie en dos condiciones, trozas en estado húmedo, cerca de su contenido de humedad máximo, y trozas con 6 meses de haber sido cortadas; los valores de las propiedades físicas y mecánicas también fueron determinados, con el fin de difundir una solución a la problemática en el procesamiento de la especie con los equipos instalados en Costa Rica”.

Fuentes, M. (1998), En el presente artículo muestra el resultado de una revisión bibliográfica y compilación de la información tecnológica de las 91 especies de maderas mexicanas que cuentan con los estudios más completos y que fue presentada por el compilador como conferencia el día 20 de junio de 1996 en la Secretaría de Desarrollo Social. Basándose en esa información, se realizó una evaluación de la magnitud de las propiedades tecnológicas que son requeridas para que una especie de madera pueda ser utilizada en las diversas aplicaciones en el campo de la construcción permanente con elementos de madera, Así, se presenta una serie de cuadros en donde se presentan esos valores y el número de especies de maderas mexicanas que cumplen con esos requisitos. Encontrándose que en nuestro país se dispone de maderas para cubrir todo el rango de necesidades para su aplicación en la construcción.

1.1.2 Antecedentes a nivel nacional

Arechaga (2009), El objetivo de su investigación fue: “Determinar las propiedades

físicas tales como: contenido de humedad (CH), densidad saturada (DS), densidad básica (DB), densidad anhidra (DA), contracción tangencial (CT), contracción radial (CR), contracción volumétrica (Cv) y el coeficiente de estabilidad dimensional (CED) en el fuste y ramas de *Guatteria hyposericea* Diels”. Arechaga (2009), determinó el contenido de humedad, la densidad y la contracción de la madera utilizando las normas ITINTEC 251.010, ITINTEC 251.011 y ITINTEC 251.012, respectivamente. Sus resultados, mostraron que “el contenido de humedad para el fuste fue 87,68% y para las ramas fue 66,24%. La densidad saturada, densidad básica y densidad anhidra para el fuste fue 0,72, 0,42 y 0,47 g/cm³ respectivamente y para la rama la densidad saturada, densidad básica y densidad anhidra fue 0,97, 0,59 y 0,64 g/cm³ respectivamente”. “La contracción tangencial, contracción radial, contracción volumétrica y el coeficiente de estabilidad dimensional para el fuste fue 8,58%, 4,96%, 11,95% y 2,26 respectivamente y para la rama la contracción tangencial, contracción radial, contracción volumétrica y el coeficiente de estabilidad dimensional fue 5,92%, 5,18%, 9,79% y 21,40 respectivamente”. Arechaga (2009), concluye que “los resultados indican que *Guatteria hyposericea* Diels es una especie con un potencial muy bueno para poder incluir dentro de la industria forestal”.

Chavesta, M. (2005), en el libro “Maderas para pisos”, presentan maderas que pueden ser usadas para pisos (machihembrados, parquet tradicional, parqueton y otros). La información tecnológica fue de 30 especies forestales, conteniendo información sobre identificación anatómica, propiedades físicas y mecánicas, resistencia al deterioro de agentes biológicos, permeabilidad a las soluciones preservantes, secado; y usos de estas maderas.

Villa, E. (2009), Evaluó “las propiedades físico mecánicas de la especie *cedrelinga cateniformis* ducke provenientes de plantaciones instaladas en la estación experimental *alexander von Humboldt*, este trabajo tuvo como objetivo caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de la especie *cedrelinga cateniformis* Ducke (Tomillo) de una plantación de 22 de años en fajas de enriquecimiento de 5 m proveniente de la Estación Experimental Alexander Von Humboldt situada en la región

Ucayali”. Los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de la especie Tomillo para estas condiciones demuestran sus aptitudes de uso, para cajonería liviana, mueblería, revestimiento, molduras, laminado y tableros de partículas.

Vega, N. (2010), Se estudió “las propiedades físico - mecánicas del *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (Tomillo) procedente de una plantación experimental de 20 años a campo abierto ubicada en la Estación Experimental Alexander von Humboldt en el departamento de Ucayali, Perú”. Los resultados muestran que las propiedades físicas a nivel longitudinal presentan diferencias significativas sólo para densidad; en tanto que en el nivel transversal no se encontró diferencias significativas. La madera estudiada se puede clasificar como una especie de densidad básica, contracción volumétrica y resistencia mecánica bajas. Comparativamente con la plantación en faja de enriquecimiento de 5 m. con 22 años presenta mayores valores en sus propiedades físico - mecánicas. Dadas las características físico - mecánicas y los requisitos de uso, la madera de esta especie tiene aptitudes de uso para mueblería, carpintería de obra no estructural, cajonería liviana, molduras y revestimiento.

1.1.3 Antecedentes a nivel Local

Portal, L., et al (2008), Estudió “las Propiedades físico - mecánico y características anatómicas de la especie *Crepidospermum goudotianum* (Tul.) Triana & Planch. (Palo Bastón) -proveniente del Tahuamanu - Madre de Dios y con los resultados obtenidos de los diferentes ensayos se llegó a la conclusión que con el estudio realizado se puede recomendar como uso más adecuado para dicha especie sería pisos y parquet”.

Quispe, I., Rosales, E., Portal, L. (2011), Estudió las propiedades físicas de la madera de *Tetragastris altíssima* (Aubl.) Swartz procedente de bosque de colina baja (BCb) y tarraza alta (BTa) del Distrito Las Piedras, Madre de Dios. Los resultados determinados del contenido de humedad para el BCb es 87.67% y para el BTa es 81,56%, la densidad en estado verde para el BCb es 1,199 g/cm³ y para el BTa es 1,207 g/cm³, la densidad básica para el BCb es 0,639 g/cm³ y para el BTa es 0,666 g/cm³, la densidad anhidra para el BCb es 0,773 g/cm³ y para el BTa

es 0,769 g/cm³, la contracción tangencial para el BCb es 9,82% y para el BTa es 9,65%, la contracción radial para el BCb es 5,83% y para el BTa es 4,99%, la contracción longitudinal para el BCb es 0,141% y para el BTa es 0,135%, la contracción volumétrica para el BCb es 15,79% y para el BTa es 14,77%, la relación T/R para el BCb es 1,90 y para el BTa es 1,99 Por lo tanto la madera de *Tetragastris altíssima* (Aubl.) Swartz, de los dos tipos de bosque según la densidad y densidad básica, puede ser utilizada en pisos (parquet, machihembrados), pisos de escaleras, elementos torneados (balaustrada, pasamanos), enchapes, vigas, columnas y recubrimientos de exteriores.

Veintemilla, D., Rosales, E., Portal, L., et al (2014), Estudió “las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de las especies *Erisma uncinatum* Warm y *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Los ensayos físicos de *Erisma uncinatum* Warm se realizaron a un Contenido de humedad de 121 %”. El resultado obtenido para la densidad básica de la especie fue de “0,47 (g/cm³), media; se puede clasificar como una madera media; La relación de contracción: T/R = 2,4, es una madera moderadamente estable y de regular comportamiento al secado. además, con el cuadro Densidad/Usos de la NTP: se recomienda los usos más probables de: Puertas, Ventanas, Muebles en general, Marcos de Puertas y Ventanas, Laminas de enchape y Construcciones principalmente”.

Los ensayos físicos de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Lam se realizaron a “un Contenido de humedad de 73,35 %. Los resultados obtenidos para la densidad básica de la especie fueron de 0,43 (g/cm³), media; se puede clasificar como una madera media”. La relación de contracción: T/R = 2.0, es “una madera moderadamente estable y de buen comportamiento al secado, además, con el cuadro Densidad/Usos de la NTP: se recomienda los usos más probables de: Muebles en general, Laminas de enchape, madera para embalaje y contracción principalmente”.

2. Revisión Bibliográfica

2.1 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Dialium*

Especie: *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith

Sinónimos botánicos: *Arouna guianensis*.

Nombres comunes: tamarindo, palo sangre.

2.2 Descripción Botánica

Árbol caducifolio de 6 a 45 m de altura, aunque frecuentemente es de 20 - 30 m. Su diámetro a la altura del pecho puede llegar hasta 1,50 m pero lo normal es que oscile entre 35 y 65 cm. Cuando están bien desarrollados, frecuentemente se retuercen en la base. La copa es redondeada, densa con ramas ascendentes. Su fuste está limpio de ramas hasta unos 15 m. La corteza es lisa, de color pardo grisáceo a gris claro, con abundantes lenticelas pardas, ligeramente prominentes y dispuestas irregularmente o en hileras transversales y longitudinales que le dan apariencia granulosa. Tiene un grosor de 4 a 10 mm, y presenta cuando se hiere un exudado transparente, moderadamente abundante, que poco tiempo después adquiere una tonalidad rojiza. (Vignote, P. 2014).

“Árbol caducifolio de hasta 45 m de altura, y 1.5 m de Dap, con fuste generalmente recto, libre de ramas hasta unos 15 m, gambas delgadas y altas, retorcidas en la base. Copa: redondeada o umbelada, con ramas ascendentes, extendidas y abundantes; Corteza: lisa, parda o verde grisáceo, con numerosas lenticelas, se desprende en láminas finas de forma irregular; Corteza interna de color crema claro que cambia a moreno parduzco, fibrosa, ligeramente dulce” (CATIE, 2014). Produce una resina rojo amarillenta. “Hojas: alternas o dispuestas en espiral, multifoliadas, de 5-7 foliolos alternos, ovados a lanceolados, de color verde amarillento en el haz, verde pálido en el envés, con puntos traslúcidos, de ápice acuminado y base redondeada, 1.5-3 x 3.5-7.5 cm; Flores: verdosas o amarillo

pálidas, perfumadas, de 5-6 mm, en panículas axilares o terminales de hasta 30 cm de largo; Frutos: legumbre globosa u ovoide, redondeada en el ápice, indehiscente, verde amarillento, pubescente, de 1-3 cm de longitud, con la cáscara suave y quebradiza y la pulpa pastosa, morena y agridulce; contienen una semilla de 0.5-1 cm de largo, café claro o café negruzca, de cubierta dura” (CATIE, 2014).

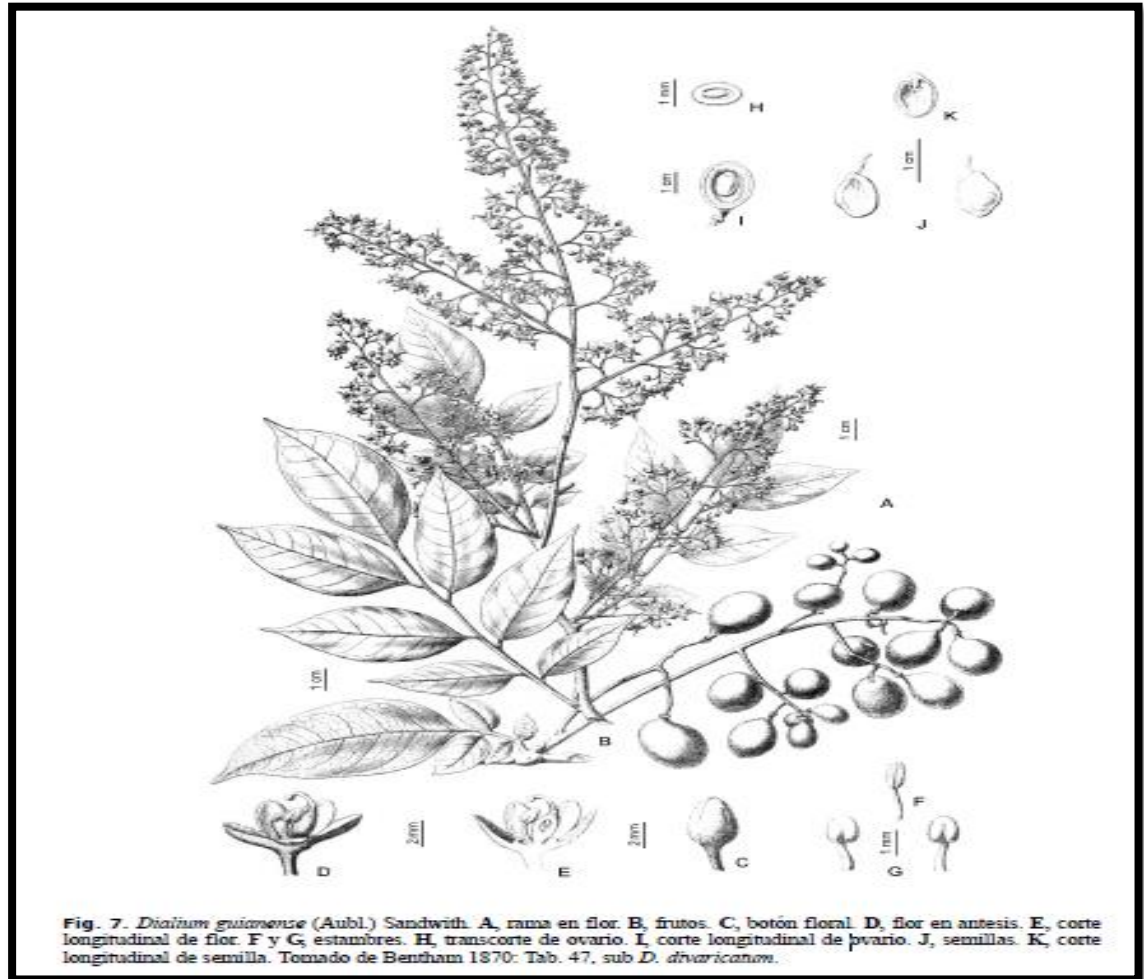


Figura N°01: Imagen Dendrológica de *D. guianense*

Fuente: ULIBARRI (2008)

2.3 Ecología

Crece en las selvas altas perennifolias y vegetación secundaria en etapa muy avanzada, sobre áreas con topografía ondulada y suelos profundos, lateríticos o derivados de margas calcáreas, generalmente arcillosa, rocosa, con gran cantidad

de materia orgánica y drenaje eficiente. Vegeta entre los 0 y 760 m.s.n.m. en México y hasta los 350 en Honduras. Florece de agosto a septiembre o de septiembre a octubre, y sus frutos maduran entre marzo y junio o mayo y junio. (Vignote, P., 2014).

Prefiere climas húmedos a muy húmedos, aunque su porte y su sistema radicular le hacen apto para climas cálidos con estación seca prolongada, a altitudes de hasta 430 msnm y temperaturas superiores a 23°C. “Muy abundante a lo largo de la costa Atlántica de América Central, generalmente sobre terrenos planos, arcillosos y bien drenados. En Honduras se encuentra hasta los 350 msnm; En ciertos bosques en la Moskitia Hondureña llega a ser una especie común y a veces dominante”. Es también común en el bosque tropical húmedo (hidrofítico) de la zona atlántica de Nicaragua. En Costa Rica, “es común en suelos no inundables, a altitudes entre 80 y 180 msnm, precipitaciones de 3000 a 3500mm y 2-3 meses de menor precipitación por año”. En Guatemala, “es muy frecuente en bosques húmedos, mixtos y densos, a altitudes de hasta 350 msnm”. En México esta especie “es codominante de la selva perennifolia, entre los 150 y 430 msnm, en zonas de topografía ondulada con suelos lateríticos o derivados de margas calcáreas, arcillosos, profundos, con buen drenaje” (Catie, 2014).

2.4 Fenología

D. guianense, posee un “follaje caducifolio, los árboles cambian totalmente su follaje en septiembre, época en que florecen de agosto a octubre, sus flores son perfumadas y los frutos maduran de marzo a junio”.

De acuerdo con CATIE (2014), en Honduras florece dos veces por año, de enero a mayo y de agosto a diciembre, y fructifica de enero a junio y de julio a diciembre. En México pierde su follaje en setiembre, florece de agosto a setiembre y los frutos maduran de marzo a junio. (CATIE, 2014).

2.5 Semillas y Propagación

“Almacenadas a temperatura ambiente conservan su viabilidad hasta por ocho meses, un kilogramo contiene aproximadamente 2800 semillas, no requiere

tratamientos pre germinativo; en Honduras se ha utilizado con éxito el sistema de producción en bolsa “(CATIE, 2014).

2.6 Distribución y Hábitat

Se encuentra en México, Belice, Centro América hasta Panamá, Perú y Brasil.

2.7 Características de la madera

2.7.1 Características generales

Madera muy pesada, de color marrón rojizo oscuro, nítidamente diferenciado de la albura, blanco ligeramente amarillento; de textura media; Superficie lisa al tacto y lustrosa; Olor y gusto imperceptibles (Miainieri & Chimelo, 1989).

Duramen de color marrón con tintes naranjas, oscurece con la exposición a la luz; con transición abrupta a la albura de color blanco grisáceo o amarillento, Límites de anillos de crecimiento indistintos, Veteado suave, textura fina a media, hilo entrecruzado; Madera seca sin olor característico, sin embargo con olor desagradable y sabor astringente en estado verde. (Silva, J., 2008).

2.7.2 características anatómicas

La Albura es de color amarillo pálido-blanquecino y el Duramen de color marrón uniforme o marrón-rojizo, observándose entre ambas capas un contraste definitivo. El contenido de sílice es alto y se reporta alrededor del 1,83%. (WWF, 2012).

La Albura es de color blancuzco a amarillo pálido, el Duramen Color amarillo oscurecido, a castaño rojizo. A veces con rayas o vetas más oscuras, Contiene de 0,59 a 1,56 % de sílice. (Vignote, P., 2014).

Tabla 1: Características anatómicas

CARACTERISTICA	DESCRIPCION
Olor	No Distintivo
Brillo	Medio

Grano	Recto a entrecruzado
Textura	Fina a Media
Veteado	Suave a Asentado

Fuente: De la afirmación de Vignote, P. (2014) y WWF (2012).

2.7.3 Descripción macro y microscópica

Parénquima axial visible bajo lente 10X, en finas líneas irregulares interrumpidas. Radios visibles bajo lente de 10X, fino y numeroso, regularmente espaciados. Vasos visibles bajo lente de 10X solitarios y múltiples, con distribución difusa, muy pequeños, poco abundantes, parcialmente tapado por una sustancia amarillenta; con placa de perforación simple.

Vasos solitarios y múltiples de 2 a 4; distribución difusa; poco abundantes (7-10 mm²); muy pequeños (29-54 μ m de diámetro); parcialmente obstruidos por una sustancia de color amarilla; puntuaciones intervasculares medias alternas, placa de perforación simples, puntuaciones radio vasculares aparentemente simples, semejantes a las intervasculares en tamaño. Parénquima axial en finas líneas irregulares, aproximadas e interrumpidas; con grado de sílice presentes con más abundancia en las células del parénquima axial. Radios en la cara tangencial dispuestos en pisos, poco distintos incluso bajo lente; Homocelulares, formados exclusivamente por células procumbentes; biseriados y trisseriados predominantes; numerosos (9-10 por mm); estratificación presente y regular, cristales ausentes, tilos ausentes. (Santini, L., 2013).

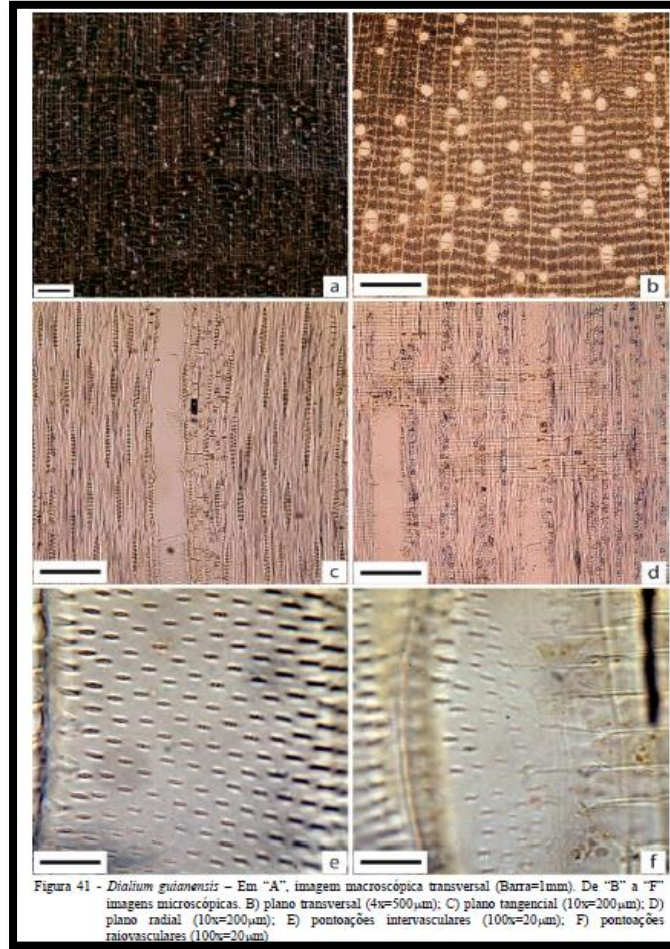


Figura 2: Vista Microscópica de *D. guianense*.

Fuente: Santini, L. (2013)

Los poros visibles al ojo, muy pequeños, solitarios en su mayoría; líneas vasculares finas, espaciadas, infiltradas de aceite, resina o una sustancia blanca. El parénquima visible al microscopio; se orientan las líneas regulares, numerosas, largas a veces interrumpidas y sigue una dirección tangencial. Radios solo visibles al microscopio en la sección transversal y tangencial; tiene una estructura estratificada (14 por mm); zonas de crecimiento poco demarcadas por tejido fibroso más oscuro; canales intercelulares y manchas medulares no fueron notadas. (Arostegui, A., 1974).

2.7.4 Propiedades físico – mecánicas

Tabla 2: Propiedades físicas y mecánicas de *D. guianense*.

Propiedades Físicas		Propiedades Mecánicas	
Densidad Básica	0,88 g/cm ³	“Módulo de elasticidad en flexión”	175000 kg/cm ²
Contracción Tangencial %	0,115	“Módulo de rotura en flexión	1923 kg/cm ²
Contracción Radial %	0,063	Comprensión Paralela”	922 kg/cm ²
Contracción Volumétrica %	0,177	“Comprensión perpendicular”	223 kg/cm ²
Relación T/R	1,82	“Corte paralelo a las fibras”	228 kg/cm ²
		“Dureza en los lados”	1644 kg
		“Tenacidad (resistencia al choque)”	1,59 kg-m

Fuente: WWF (2012).

Tabla 3: Propiedades físicas y mecánicas de *D. guianense*.

Propiedades Físicas		
Peso verde (kg/m ³)	~ 1300	
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ (g/cm ³)	0.88-0.99-1.15	
Contracción	Total*	Normal**
Radial (%)	5.1-6.3	2.5-3.2
Tangencial (%)	8.9-11.5	5.8-6.0
Hinchamiento diferencial (%/%)	radial: 0.25 - 0.31	Tangencial: 0.42 - 0.47
Estabilidad dimensional	regular	
Propiedades Mecánicas		
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ (N/mm ²)	89 - 108	
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ (N/mm ²)	168 - 234	
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ (N/mm ²)	17160 - 20100	
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ (kj/m ²)	~ 199***	
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ (N/mm ²)	19 - 23	
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ (kn)	11-16-18	

Fuente: Silva, J., (2008)

Tabla 4: Propiedades físicas y mecánicas de *D. guianense*.

Propiedades Físicas		Propiedades Mecánicas	
	0,78		
Gravedad Especifica	g/cm ³	Esfuerzo limite	699 kg/cm ²
Contracción Lineal Tangencial %	9,1	Esfuerzo máximo	1145 kg/cm ²
Contracción Lineal Radial %	6,73	Módulo de elasticidad	166,8.10 kg/cm ²
Contracción T/R	1,35	Trabajo al límite proporcional	0,166 kg/cm ²
Contracción Volumétrica %	16,14	Esfuerzo limite proporcional	437 kg/cm ²
Peso específico	0,8 – 1,10	Esfuerzo máximo	534 kg
		Módulo de Elasticidad	136,7.10 Kg/cm ²

Fuente: Vignote, P., (2014)

2.7.5 Características de secado y durabilidad

Madera de velocidades de secado de moderado a muy lento, con tendencia a presentar agrietamientos superficiales, los alabeos son reportados de ligeros a severos. Para el secado técnico convencional, se recomienda el uso del programa (US) T3-C2 para madera de 1" y el T3-C1 para 2". Duramen altamente resistente a resistente a los hongos de pudrición (clases 1 a 2 según ASTM D 2017-5). Muy resistente al ataque de termitas, probablemente presenta también moderada resistencia a los taladradores marinos. (Silva, J., 2008)

2.7.6 Trabajabilidad

Por su alta densidad y alto contenido de sílice la madera es muy difícil de aserrar y cepillar; moderada para el moldurado; buena para el escopleado, torneado y lijado. El alto contenido de sílice (hasta 1.8%) requiere utilizar sierras con dientes estelita y cuchillas provistas de carburo de tungsteno. Es prácticamente imposible introducir clavos y tornillos sin pretaladrado. Presenta buena calidad de superficie y permite excelentes acabados. . (Silva, J., 2008)

2.7.7 Usos

Construcciones pesadas interiores y exteriores como puentes, pisos industriales con alto tráfico, pisos para habitaciones (duelas, parquet prefabricado), escaleras (escalones, pasa manos), cubiertas para mesas de trabajo, marquetería (cachas para mangos de cuchillos), baquetas de tambor y muebles rústicos de jardinería. (Silva, J., 2008).

La madera se utiliza para construcción pesada, pisos industriales, durmientes de ferrocarril, construcciones marinas, parquet, chapas decorativas, tornería, artículos deportivos e instrumentos musicales. (WWF, 2012).

Durmientes de ferrocarril, construcción en general, decoración de interiores, mangos de herramientas, leña y carbón. Construcciones pesadas, vigas, postes, muelles, pilotes, implementos agrícolas, puentes y aditamentos para carretas o carruajes. Se recomienda para construcciones marinas. Marcos, puertas y ventanas. (Vignote, P., 2014).

2.8 Variabilidad de la Madera

Arroyo, J. (1983) citado por Vega, N. (2010), Existen variaciones que afectan la calidad de la madera por su estructura anatómica y por lo tanto las propiedades físicas, las cuales se deben a que las actividades fisiológicas del árbol son afectadas por los siguientes factores:

- Modificaciones en el cambium producidas por maduración o envejecimiento, de las cuales depende la variabilidad entre los árboles de una misma especie.
- Factores genéticos que son una de las causas principales de la variabilidad entre árboles.
- Factores ambientales (precipitación, temperatura, etc.) los cuales afectan tanto la variabilidad dentro de los árboles, cómo entre árboles de una misma especie.

Hurtado, D. (1990), "la variación de las propiedades físicas de la madera se debe a diferencias en su estructura y a las diversas sustancias presentes en ella depende mucho del sitio donde crece, situación del bosque, presentándose variaciones

significativas de un sitio a otro entre la misma especie y aun dentro del mismo árbol”. “La densidad de la madera en el mismo árbol varia, de la parte central a la exterior del tronco y de la base al ápice del tronco. La madera de la base del árbol tiende a contener mayor humedad que la madera de los niveles más altos” (Hurtado, 1990). La madera de la raíz generalmente contiene más agua que la madera de las ramas, las cuales en su turno son más húmedas que la madera del tronco. Otras causas de las variaciones de las propiedades físicas son: Heterogeneidad, tamaño de la muestra, modalidad de relación de ensayos, errores y selección de muestras.

2.8.1 Variabilidad de un mismo individuo

Arroyo, J. (1983), Menciona que el peso específico, “es un índice relativo de la cantidad de sustancia madera presente en una muestra de una especie; los espesores de las paredes celulares y las secciones transversales de las células están directamente relacionados con el peso específico de la madera y junto con la anchura de los anillos de crecimiento y las proporciones de madera temprana y tardía”, son responsables de las variaciones. Gran parte de la información disponible sobre diferencias de peso específico entre árboles se ha obtenido midiendo discos transversales, o bloques que contengan grupos de anillos de crecimiento. Uno de estos métodos es el micro densitómetro que mide las intensidades de los rayos X que pasan a través de muestras radiales.

Panshin y De Zeeuw (1980), señalan que “la variabilidad de las características de la madera dentro de un mismo individuo está fundamentalmente relacionada a cambios resultantes del envejecimiento del cambium y las modificaciones impuestas por la actividad cambial debido a las condiciones medio ambientales”.

2.8.2 Variabilidad entre los arboles de una misma especie

Arroyo, J. (1983), menciona que “los patrones de variabilidad se deben a variaciones del cambium producidas por la edad y modificadas por los cambios en las condiciones de crecimiento”. Asimismo, que “las condiciones del sitio y la variabilidad del clima pueden producir grandes modificaciones en las características de la madera entre árboles de una misma especie, además de la variabilidad relativa al crecimiento

existen diferencias hereditarias en cada individuo, las cuales distinguen unos de otros, aún dentro de casi idénticas condiciones”.

Panshin, A., De Zeeuw, C. (1980), señalan que “es difícil atribuir la variabilidad de las características de la madera a un sólo factor o incluso a una combinación de factores que afecten el crecimiento del árbol². Asimismo, mencionan que las características normales de la madera pueden ser modificadas como resultado de condiciones de crecimiento de largo plazo existentes en diferentes lugares, incluso en áreas pequeñas. Las diferencias también pueden ser causadas por características inherentes transmitidas de los progenitores.

2.9 Madera Juvenil Y De Reacción

A. Madera juvenil

Arroyo (1983), Menciona que “es la madera formada cerca de la médula denominada juvenil, caracterizado anatómicamente por un incremento progresivo en sus dimensiones y cambios correspondientes de forma, estructura y disposición de las células. La formación de madera juvenil está asociada a la prolongada influencia de los meristemas apicales en las partes activas de la copa durante el periodo de crecimiento”. La principal característica de la madera juvenil es su estructura celular y los bajos valores de resistencia. “En los árboles de plantaciones la madera juvenil puede estar relacionada al crecimiento rápido cerca de la médula, pero los anillos anchos no están necesariamente asociados con ella en todos los árboles” Arroyo (1983). Por ejemplo, árboles jóvenes que crecen bajo fuerte competencia forman anillos angostos cerca de la médula, pero pueden formar anillos anchos en cualquier momento que las condiciones de crecimiento sean favorables. La duración del periodo juvenil varía de 5 a 20 años.

Haygreen & Bowyer (1982), Mencionan que “la madera juvenil ha sido definida como un xilema secundario producido por regiones cambiales que son influenciadas por la actividad en el meristemo apical. Esta definición explica, por qué existe una transición gradual en las propiedades entre la madera juvenil y la madera madura”. Asimismo,

señalan que “la madera juvenil, es difícil de identificar mediante una observación visual, especialmente en coníferas, aunque diversas características normales son algunas veces modificadas; en latifoliadas, los vasos de la madera juvenil son frecuentemente más pequeños y arreglados de manera diferente a partir de aquellos característicos de una madera madura”. Por otro lado, sugieren que “una característica consistente, que normalmente se convierte en una variable en la madera juvenil, es el tipo de perforaciones en platinas de vasos; las perforaciones escaleriformes han sido reportadas en la madera juvenil de especies que normalmente tienen vasos con platinas de perforación simple”.

B. Madera de Reacción

Arroyo, J. (1983), indica que generalmente “la madera de tensión es mucho más lustrosa que la madera normal, presentando un brillo plateado, el cual en la albura de algunas especies es difícil de detectar, si el ángulo de incidencia de la luz no es el adecuado”.

De acuerdo con los pocos datos disponibles, “la madera de tensión en relación con su densidad presenta propiedades mecánicas inferiores en compresión paralela al grano, compresión perpendicular, módulo de ruptura, cizallamiento y módulo de elasticidad en flexión estática”.

Según Kollman (1984), la madera de reacción es el nombre aplicado a los tejidos xilemáticos que se “producen en ciertas partes de árboles inclinados y en los lados superiores o inferiores de las ramas”. La evidencia indica que este tipo de madera se desarrolla como una reacción a la inclinación o a la influencia de la fuerza del viento.

2.10 Conceptos Fundamentales

2.10.1 Características Anatómicas. -

Aróstegui, A., et al (1975), define que “la anatomía de la madera comprende el estudio de las características generales, organolépticas y sub-microscópicas de la madera, la que se divide en dos partes: Anatomía Sistemática, que se ocupa de la identificación de la especie y la Anatomía Aplicada, que estudia la influencia de la estructura anatómica en las propiedades tecnológicas”.

Aróstegui, A. (1982), Determina “que las características anatómicas, permiten explicar las causas correspondientes a los cambios dimensionales y el comportamiento de los esfuerzos mecánicos de la madera, además, menciona que la contracción radial y tangencial es un índice de la estabilidad de la madera y cuando la relación entre ambos se acerca a la unidad la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado”.

Datta & Kumar (1987), “Afirmar que la formación del duramen es una manifestación de envejecimiento y es controlada por varios procesos fisiológicos y por aspectos genéticos de la planta. Los cambios que ocurren durante este periodo son muy complejos”.

Mora, J. (1983), Sustenta que “por un período de tiempo, el xilema recién formado no sólo realiza funciones mecánicas (soporte) sino que también, participa en las funciones de conducción y reserva”; estas actividades fisiológicas del xilema son realizadas por células vivas, especialmente las células parenquimatosas”. “La parte del xilema en la que algunas células están vivas y en consecuencia fisiológicamente activas, se conoce como albura; pasado cierto tiempo, el protoplasma de las células del xilema muere, este tejido se transforma en otro llamado duramen” Mora (1983).

Mora, J. (1983), asevera que “la proporción de albura y duramen varía para las diferentes especies y aun dentro de la misma especie, y que el contenido de humedad de albura y duramen es variable, pero en sentido general, el duramen tiene menos humedad que la albura”.

Chavesta, C. (2006), Son “las características que pueden ser percibidas por los órganos sensoriales, entre estas están: color, grano, brillo, textura, olor y sabor, peso, dureza y figura o veteado”.

2.11.2 Características Macroscópicas De La Madera.

Arostegui, A., et al (1975), menciona que “para estudiar la estructura macroscópica y microscópica de la madera, debido a su gran heterogeneidad, se establecen tres planos o secciones que son la transversal, la radial y la tangencial”.

Arostegui, A. (1982), también sugiere que “la estructura macroscópica corresponde a las características de los tejidos diferentes de la madera observados a simple vista o con lupa de 10X”.

Tuset & Duran (1986), sugieren que “las células en conjunto forman los diferentes tejidos y pueden dividirse en 2 tipos longitudinales o axiales, es decir que su dimensión mayor o eje principal se dispone paralelo al eje del árbol y transversal u horizontal cuyo eje mayor es trasversal al eje del árbol; entre las del primer tipo tenemos los vasos leñosos (poros), fibras, células del parénquima, canales gomíferos, traqueídas y canales resiníferos”.

A. Inclusiones.

Arostegui, A. (1982), nombra las nombra como INCLUSIONES “porque cuando la troza es transformada, comienzan a secarse perdiendo agua a través de los poros, quedando vacío o con inclusiones: puede ser de 2 clases”:

❖ Tiosis es “una enfermedad de la madera pues se intromisiona entre en protoplasma de una célula viva en la cavidad de un elemento vascular, estas inclusiones se presentan como masas amorfas que taponean los elementos vasculares o forman falsos tabiques, influyen en la penetración y retención de los productos químicos”.

Las diferentes inclusiones “representan características importantes para la identificación de la madera, asimismo, influye en el comportamiento de la madera con la trabajabilidad”.

❖ Otras inclusiones son las gomas resinas y sales calcáreas.

Las gomas o resinas: “son un material orgánico formado por compuestos químicos, generalmente de color amarillo y rojo”.

Látex: “Exudación lechosa generalmente de color blanco y a veces amarillo”.

B. Parénquimas

Arostegui, A. (1982), sostiene que “el parénquima es el tejido que sirve para la conducción y almacenamiento de sustancia de reserva, forma parte del tejido longitudinal del tronco y está dispuesto en forma muy característico; por ello, el parénquima tiene importancia en la identificación”.

Arostegui (1982), clasifica al parénquima en 3 tipos de acuerdo a su forma y disposición:

- ❖ Apotraqueal, “aquellos que no están junto a los poros”.
- ❖ Paratraqueal, “aquellos que están alrededor de los poros”.
- ❖ Marginal, “forman líneas anchas y angostas en el límite de los anillos de crecimiento”.

Tuset & Duran (1986), afirman que “el parénquima es caracterizado por tener una pared celular delgada y lumen grande cumpliendo la función de almacenamiento de sustancia de reserva; a simple vista o con ayuda de una lente de mano este tejido se ve como bandas más claras y blandas rodeando unas veces a los poros y otras pasando entre ellas”.

C. Poros.

Donosco, (1978), citado por (Veintemilla, D. 2014), determina que “los anillos anuales o estacionales se distinguen, en general, fácilmente a simple vista y sirven para apreciar la clase y calidad de la madera dentro de la especie”. “El estudio del anillo estacional en relación con las propiedades de la madera hay que considerarlo desde el punto de vista de los tipos de maderas que se establecen, estos tipos son coníferas o maderas sin vasos, frondosas o maderas con vasos, que se clasifican en maderas de frondosas de anillo difuso y maderas de frondosas de anillo semiporoso” (Donosco, 1978). Asimismo, Donosco (1978), sugieren que “en todo anillo, se presentan dos clases de madera: madera producida en la estación seca (madera de verano en las especies boreales) y madera producida en la estación lluviosa (madera de primavera en las especies boreales)”.

Valderrama, (1986), citado por (Veintemilla, D., 2014), menciona que “los poros se forman cuando un elemento vascular es cortado transversalmente pueden estar

aislado o agrupados de manera variable, en el primer caso se llama poros solitarios y por lo general es redondeado; en el segundo caso se llama poro múltiple radial, cuando varios poros se hallan contiguos en una hilera radial”. “Los poros solitarios poseen pared gruesa y cuando 2 o más poros se hallan en contacto los poros son aplanados y más gruesos” (Valderrama, 1986).

Valderrama, (1993), citado por (Veintemilla, D., 2014), afirma, que “para una mejor comprensión en el estudio e identificación de las estructuras anatómicas de las maderas, se mencionan dos tipos de maderas las porosas y las no porosas”.

D. Radios Medulares

De acuerdo con Arostegui (1982) “son líneas que van desde el interior hasta el exterior del árbol, formando el sistema transversal del tronco, están constituidos de células parenquimáticas, es por eso que los radios son puntos o líneas débiles de madera por lo que durante el secado reproducen las grietas generalmente a través de los radios”.

Tuset & Duran (1986), mencionan que “los radios son producido por el cambium y que se extiende radicalmente a través del leño y del libré”.

Diaz (2003), Menciona que “los radios tienen gran importancia en las propiedades de la madera, como elemento de identificación y como responsables, en parte de las propiedades de contracción de la madera”. Por otro lado, “la discontinuidad de tejido que representan se hace más señalada en la hienda y raja de las frondosas, por ser estas las que los tienen más desarrollados”. Así, “la resistencia a la raja en el sentido radial es inferior que en el tangencial, y esta diferencia es tanto más marcada, cuanto más abundantes y desarrollados sean los radios leñosos, por el contrario, en compresión, los radios leñosos tienen un efecto positivo, aumentando la resistencia a la compresión radial de las frondosas con radios leñosos gruesos”.

2.11.3 Propiedades Físicas

Tuset & Durán (1989), Reporta que “las características físicas, mecánicas y eléctricas de la madera son variables en función de una serie de factores, entre los

cuales destacan: especie, clima, edafología, condiciones silvícolas de crecimiento y la anisotropía de la madera”. Como consecuencia de ambos hechos, “se constatan variaciones de las propiedades del leño; tanto en tres diferentes árboles integrantes de un mismo bosque, como entre probetas provenientes de un mismo árbol, asimismo, la variación del peso específico de la madera se debe diferencia en su estructura y a la presencia de constituyentes extraños”.

Según Arroyo (1983), “el comportamiento físico de la madera está constituido por una serie de propiedades tales como contenido de humedad, densidad, peso específico, etc., las cuales en conjunto pueden definirse como propiedades físicas de la madera”. Partiendo de esta definición, las propiedades físicas de la madera se pueden definir como “el conjunto de propiedades que caracterizan el comportamiento físico de la misma”.

Aróstegui, A. (1982), Reporta que “se puede correlacionar la densidad y la contracción, manifestando que las maderas con mayor densidad básica tienen mayor contracción que las maderas de menor densidad básica”.

Junac (1989), Sostiene que “en probetas de laboratorio se han comprobado que la madera al secarse mejora sus propiedades Físico Mecánicas y estabilidad dimensional; es por eso que prácticamente todas las maderas reciben un acondicionamiento físico mecánico antes de su empleo”. “La eliminación de agua obedece a diversos propósitos, algunos de los cuales son indispensables para conseguir buena calidad de los productos acabados (durabilidad y estabilidad en las dimensiones) y economía en la producción al reducirse el peso de la madera”. Junac (1989), “afirma también que para la determinación del contenido de humedad se hace considerando sólo los valores del agua libre y de saturación o higroscópica, en la práctica, la madera se considera totalmente seca cuando al secarla en estufa a $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ”.

A. Contenido De Humedad De La Madera

Cuando el árbol está recién cortado, “su madera contiene gran cantidad de agua, variando su contenido, según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate”.

Junac (1989), las maderas pesadas contienen menor cantidad de agua que las livianas, ya que estas son menos porosas. De igual manera “la albura, por estar conformada por células, cuya función principal es la de conducción de agua, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen”. Por consiguiente, “el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo; la relación agua total materia seca leñosa, es muy variable en una pieza de madera, ya que está sujeta a la influencia de varios factores, entre ellos, la estructura celular y el peso específico de la madera”. “Mientras que el duramen no permite contenidos de humedad elevados debidos a sustancias infiltradas contenidas en sus células, la albura puede acumular más del 100% de su peso seco en agua e incluso llegar a un 400% en maderas livianas”. El agua contenida en la madera se encuentra bajo las siguientes formas:

B. Agua Libre.

“Es la que se encuentra ocupando las cavidades celulares o lumen de los elementos vasculares, dándole a la madera la condición de verde. La cantidad de agua libre que puede contener una madera está limitada por su volumen de poros”. “Al iniciarse el secado, el agua libre se va perdiendo fácilmente por evaporación, ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo. En éste punto la madera estará en lo que se denomina punto o zona de saturación de las fibras” **(PSF)**, contiene entre el 21 y 32%. Cuando la madera ha alcanzado esta condición, sus paredes celulares están completamente saturadas pero sus cavidades están vacías. “Durante la fase de secado, la madera no experimenta cambios dimensionales, ni alteraciones en sus propiedades mecánicas”.

Por lo cual, “el **PSF** es muy importante desde el punto de vista físico mecánico y de algunas propiedades eléctricas de la madera” Junac (1989).

C. Agua De Saturación, Higroscópica o Fija.

“Es el agua que se encuentra en las paredes celulares, también es llamada agua de inhibición, existe la teoría de que el agua higroscópica está constituida por hidrogeniones fijados principalmente a los grupos hidroxilo de la celulosa y hemicelulosa y en menor cantidad a los grupos hidroxilo de la lignina”.

“Durante el secado de la madera, cuando ésta ha perdido su agua libre por evaporación y continua secándose, la pérdida de humedad ocurre con mayor lentitud hasta llegar a un estado de equilibrio higroscópico con la humedad relativa de la atmósfera circundante” Junac (1989).

D. Agua De Constitución.

“Es el agua que forma parte de la materia celular de la madera y que no puede ser eliminada utilizando las técnicas normales de secado, su pérdida implicaría la pérdida parcial de la madera” Junac (1989).

E. Densidad

León, H. (2001), “está determinada por la cantidad de sustancia madera presente en un volumen dado, el contenido de humedad de la pieza de madera y la cantidad de extractivos presentes”. “La cantidad de madera está relacionada directamente con el espesor de la pared celular, de los elementos constituyentes de la madera, específicamente de aquellas células que se encargan de llevar a cabo la función de soporte o resistencia mecánica: traqueidas en coníferas y fibras en latifoliadas”. La elasticidad y la resistencia a la flexión dependen generalmente de la densidad.

Kollman, F. (1957), “La densidad es la relación entre la masa de una probeta y su volumen, medidas/ambas en las mismas condiciones de humedad, la densidad de una madera es uno de los datos más importantes para su clasificación técnica, ya que existe una relación bastante constante entre densidad y resistencia mecánica, las maderas más pesadas son por lo general más resistentes”.

Junac (1989), “La densidad, es una medida de la cantidad de material sólido que posee la madera y tiene una marcada influencia en la resistencia mecánica de este, en probetas pequeñas libres de defectos, puede esperarse que la resistencia sea directamente proporcional a la densidad, es decir, a mayor densidad mayor resistencia”. Los ensayos de laboratorio con estas probetas, indican que existe buen nivel de correlación entre todas y cada una de las propiedades mecánicas y la densidad del material en estudio.

Zobel, B. (1964), “El valor de la densidad de la madera y su variación, depende en alto grado de la altura y sección del árbol, donde se toma la muestra, la densidad de la madera está influenciada por la estructura genética del árbol”. La densidad de la madera varía, a la vez, por la cantidad y clases de sustancias que contiene, por ejemplo, resinas y ligninas.

Aróstegui, A. (1982), manifiesta que “la densidad de la madera tiene gran influencia en las propiedades mecánicas como, por ejemplo, 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, como material aislante y que las características más sobresalientes de la madera es su baja densidad comparada con su gran resistencia mecánica, razón por la cual la hace un elemento muy importante en las construcciones”. Para efectuar un análisis y evaluación se “debe lograr cierto grado de comparación de los resultados, formando grupo de maderas de propiedades y usos similares; el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica, debido a su importancia en el uso y a su relación con la resistencia mecánica, según este sistema de clasificación de las maderas del país en 5 grupos de densidad básica”:

Grupo I - Muy Baja (MB) - Densidad Menor de 0,30 g/cm³

Grupo II - Baja (BA) - Densidad de 0,30 g/cm³ a 0,40 g/cm³

Grupo II - Media (ME) - Densidad de 0,41 g/cm³ a 0,60 g/cm³

Grupo IV- Alta (AL) - Densidad de 0,61 g/cm³ a 0,75 g/cm³

Grupo V - Muy Alta (MA) - Densidad Mayor de 0,75 g/cm³

✓ **Factores que afectan a la densidad**

“Existen algunos factores que inciden en la densidad de la madera, tales como cantidad de madera temprana y tardía, tamaño de las fibras, espesor de pared celular, tipo y diámetro de células y contenido de extraíbles presentes en la madera; La presencia y cantidad relativa de estos últimos está a su vez influenciada por la edad de los árboles y su interacción con el medio ambiente” (Prado y Barros, 1989). Además puede estar influenciada por los siguientes factores según Jayawickrama (1992).

- **Factores genéticos:** “Procedencias / Fuentes de semilla, árboles individuales”.
- **Factores de sitio:** “área geográfica, sitios dentro de una misma región, clima, disponibilidad de humedad en el suelo, temperatura”.
- **Factores silviculturales:** “Establecimiento de plantaciones, Régimen de elementos nutritivos y fertilización, espaciamiento, raleo, podas”.

F. Peso Específico

El peso específico es “la relación entre el peso seco de la madera y el peso de un volumen igual de agua” (Arostegui, A. 1982).

Según León (2001), viene determinado por “varias características de la madera tales como tamaño de las células, espesor de sus paredes, proporción de madera temprana y madera tardía, cantidad de células radiales, tamaño y cantidad de vasos, entre otros”. Además de la presencia de extractivos dentro y entre células que pueden afectar las variaciones de peso específico. “La influencia de los radios sobre el peso específico está relacionada con las diferencias en el volumen de los radios, las dimensiones de las células radiales y la relación entre el volumen de células procumbentes y células erectas”.

El peso específico de la madera depende de tres factores (Arroyo, J. 1983).

- Del tamaño de las células.

- Del espesor de las paredes celulares.
- De la interrelación entre el número de células de diferentes tipos en término de 1 y 2.

Kollman, F. (1957), Es indispensable comparar pesos específicos “únicamente entre maderas que tengan el mismo grado de humedad, para esto se han establecido como puntos de comparación, los valores fijos de 0% y 12% de humedad; El primero corresponde al estado anhidro, presenta la ventaja de poder reproducir siempre con valor constante”.

G. Contracción De La Madera.

Junac (1989), menciona que la madera “se caracteriza por ser un material de naturaleza higroscópica, es decir, que muestra afinidad por los cambios de humedad que se producen en el medio ambiente que le rodea; Esta afinidad se manifiesta por contracción o hinchamiento ante pérdidas o ganancias de humedad”. “La anisotropía de la madera trae como consecuencia que se produzcan diferentes tasas de contracción en cada una de las direcciones; longitudinal, radial y tangencial” Junac (1989). “El principal constituyente de la pared celular es la celulosa y la misma se caracteriza por presentar una alta afinidad por el agua debido a la presencia de numerosos grupos –OH; las moléculas de celulosa se encuentran agrupadas en forma de microfibrillas y el agua penetra a las llamadas regiones amorfas de las mismas”. “En vista que la mayor proporción de microfibrillas se encuentran orientadas en dirección casi paralela al eje longitudinal de la célula, 10-30° en la capa S2, la mayor parte del hinchamiento o contracción se va a producir en dirección transversa, usualmente, la contracción en dirección tangencial es mayor que en dirección radial” (Junac, 1989).

Según León (2001), “el menor valor de contracción radial puede ser atribuido a dos factores”: (a) “La restricción de la contracción radial debido a la presencia de células parenquimáticas radiales y (b) La presencia de bandas de madera temprana de baja densidad que alternan con zonas de madera tardía de alta densidad”.

Asimismo, “el efecto de estos dos factores es aditivo en la dirección radial, pero, en dirección tangencial, la zona más densa de madera tardía controla la contracción a lo ancho del anillo de crecimiento, la contracción e hinchamiento son mayores en maderas de alta densidad y son directamente proporcionales al peso específico o cantidad de sustancia de la pared celular presente” Leon (2001).

La diferencia entre contracción tangencial y radial según Junac (1989), “se explica por la influencia de los radios para restringir los cambios dimensionales en sentido radial, así como características estructurales de la pared celular, tales como modificaciones en la orientación de las microfibrillas, las punteaduras y composición química”.

Arroyo, J. (1983), “la contracción es la reducción dimensional que experimenta la madera cuando pierde humedad por debajo del punto/fe saturación de las fibras; Este cambio dimensional se expresa, como porcentaje de la máxima dimensión de la madera, o sea, la dimensión verde, ya que en esta condición todavía no ha ocurrido ninguna reducción dimensional”.

Aróstegui, A. (1982), “La contracción y expansión de la madera son los cambios dimensionales, tanto en sentido radial tangencial y longitudinal, que sufre la madera como consecuencia del cambio de su contenido de/humedad, por debajo del punto de saturación de las fibras”. “La causa de/estos cambios dimensionales, se debe principalmente a la pérdida o entrada del agua higroscópica entre la estructura celulósica de la pared celular, el agua libre no tiene ninguna influencia en estos cambios, debido a las variaciones de las condiciones climáticas (humedad relativa y temperatura), la madera en uso está sujeta a cambios dimensionales; además, estos cambios son diferentes según las secciones de la madera, por lo que en la parte interna se originan tensiones causando defectos durante el secado, tales como grietas, deformaciones, entre otros”.

CAPITULO II

2. Materiales y Métodos

2.1 Aspectos Generales

2.1.1 Ubicación del área de estudio

El material experimental se obtuvo de la concesión castañera del señor Pablo Callo Condori ubicado en el sector de Varsovia en el caserío denominado casa Vieja, el cual se halla ubicado a 10 km. Margen derecha de la localidad de planchón kilómetro 40 de la carretera interoceánica Inambari- Iñapari, cuya área es un bosque Húmedo tropical. El área se encuentra a una altitud que varía de 200-215 m.s.n.m. Su extensión superficial es de 559 Hectáreas.

Tabla 5: Ubicación del área de estudio

Departamento	Madre de Dios
Provincia	Tambopata
Distrito	Las Piedras
Tipo de bosque	Bosque Terraza Alta (B-Ta)
Sector	Casa vieja

2.1.2 Colindantes de la Concesión Castañera

Tabla 6: Colindantes de la concesión

COLINDANTES Y LIMITES		
NORTE	VICTORIA CAHUANA ARQUE	CONTRATO DE CASTAÑA
SUR	CASIANO CAHUANA ARQUE	CONTRATO DE CASTAÑA
ESTE	MAURICIO CASSA CHAMPI	CONTRATO DE CASTAÑA
OESTE	LUCAS GALLEGOS MEJIA	CONTRATO DE CASTAÑA

Fuente: N° de contrato 17-TAM/C-OPB-J-353-03, 2015

2.1.3 Ecología

En base al análisis de los parámetros de clima (precipitación y temperatura), presencia de los Frijales, elementos florísticos, han permitido establecer dos zonas de vidas definidas para el área de estudio estas:

- **Bosques Húmedos Subtropicales (bh-S)**
- **Bosque muy Húmedos Subtropicales (bmh_S)**

2.1.4 Clima

❖ **Precipitación;** En Puerto Maldonado, se tiene una precipitación promedio de 462,4 mm/año, como precipitación mínima de 42,7 mm/año y una máxima de 1955,7 mm/año, con un promedio de.

❖ **Temperatura;** La temperatura promedio en Puerto Maldonado es de 25,1 °C, y como temperatura máxima de 27,3 °C y mínima de 24,2 °C.

Tabla 7: Características climáticas de la zona de Puerto Maldonado

Meses	Precipitación (mm)¹	Temperatura (°C)²	Humedad Relativa (%)³
Enero	335.4	26.5	84.7
Febrero	316.7	26.4	85.1
Marzo	288.7	26.3	84.9
Abril	153.9	25.6	83.7
Mayo	111.7	24.9	83.5
Junio	52.7	23.7	81.8
Julio	67.2	23.9	79.3
Agosto	53.7	25.2	75.4
Setiembre	98.8	26.5	74
Octubre	188.2	27	77.7
Noviembre	232.4	26.8	81.2
diciembre	292.2	26.4	83.8
Total	2191,6	25,8	81,3

Fuente: INADE (2007).

En este tipo de bosque el suelo moderadamente profundo, de textura franco arenosa a franco arcillo arenosa. La consistencia es friable a firme, exhibiendo una aireación moderada a baja, capacidad retentiva de agua media a alta. La permeabilidad es moderada a moderadamente lenta y el drenaje moderado. Su

reacción es extremadamente ácida a muy fuertemente ácida (pH: 3.81 a 4.47), los niveles de materia orgánica son altos a bajos (6.4 a 0.7%) (DOMUS)

2.1.5 Tipos de Bosque

❖ **Bosque de terraza alta (BTa):** “Generalmente se ubica circundando ríos o quebradas de segundo orden; son de topografía plana a ligeramente ondulada, presentan pendientes que van de 0 a 8%, no tienen problemas en drenaje” (INRENA-MDD-2003).

2.1.6 Localización Geográfica del área de Estudio

Como zona de estudio se está tomando la concesión castañera del señor pablo callo Condori dentro del cual habrá una sub zona de donde se extraerá el material para realizar los respectivos ensayos. La Sub Zona se está tomando la parcela de corta del Plan Manejo Complementaria Anual (PMCA) que tiene 105 hectáreas de donde se seleccionara los 5 árboles, de la especie *Dialium guianense* (tamarindo).

Tabla 8: Coordenadas de la concesión castañera.

VERT	X	Y	VERT	X	Y
1	479209	8653947	19	480000	8651840
2	479952	8653450	20	479817	8651189
3	479952	8653128	21	479295	8651166
4	479882	8653027	22	479298	8650866
5	479882	8652718	23	479070	8650860
6	479590	8652520	24	479070	8650760
7	479401	8652642	25	478610	8650760
8	479401	8652800	26	478610	8650310
9	479182	8652800	27	478442	8650310
10	478906	8652944	28	478442	8649915
11	478817	8652824	29	478221	8649915
12	478668	8652746	30	477959	8649714
13	478595	8652540	31	477701	8649916
14	478396	8652517	32	476905	8651397
15	478334	8652384	33	477545	8651983
16	478845	8652071	34	478125	8652331
17	478944	8652245	35	478645	8653230
18	479762	8651630	36	478984	8653602

VERT: Vértice; X: Coordenadas Norte; Y: Coordenadas Este.

Fuente: INRENA, 2003

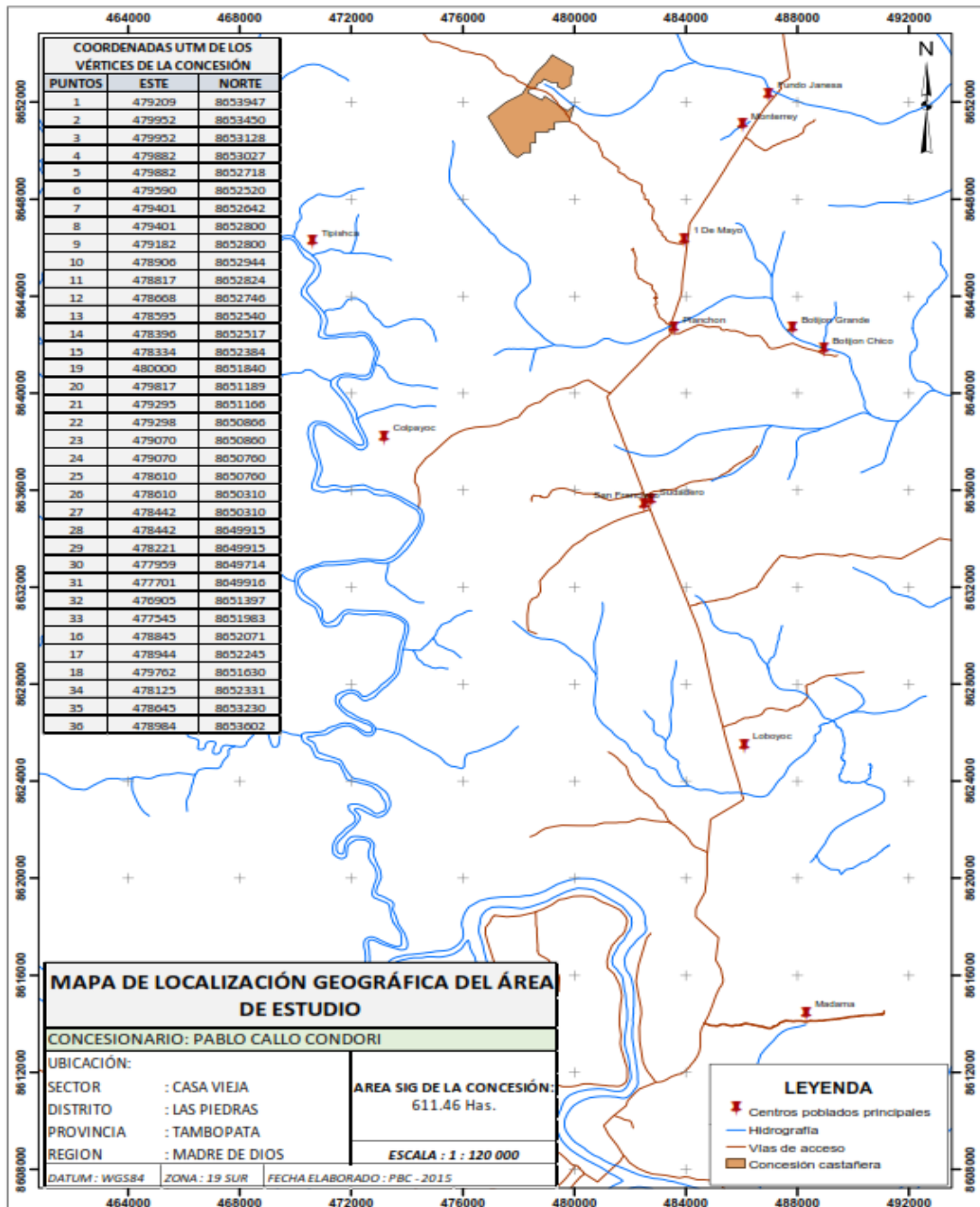


Figura 3: Localización geográfica del área de estudio.

2.1.7 Lugar del laboratorio de estudio

Se realizó en el “Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios: distrito Tambopata, provincia Tambopata y departamento Madre de Dios”, ubicado en la avenida de Jorge Chávez N° 1160.

Longitud : 76° 57" 00" este

Latitud : 12° 05" 06" sur

Altitud : 244.5 msnm

2.2 Materiales, Equipos

2.2.1 Fase Campo

A. Materiales y Herramientas

- Libreta de campo.
- Lápiz de carbón.
- Marcadores indelebles.
- Tiza (blancas, rojas, azules).
- Wincha métrica de 3 m y 50 m marca STANLEY.
- Machete
- Lapicero azul y negro.
- Bolsas de polietileno.
- Brocha.
- Pintura de Aluminio.
- Spray de color celeste

B. Equipos

- Brújula marca SUNTO.
- Cámara fotográfica marca SONY.
- Motosierra marca STIL 070.
- Navegador (GPS) 12 marca GARMIN.

- Binoculares marca Tasco 10x50 mm.

C. Material Experimental (Probetas, Xilotecas, Rodajas)

- 160 Probetas de 3x3x10 cm.

2.2.2 Fase De Carpintería

A. Materiales

- Lapiceros de tinta indeleble negro y azul.
- Tizas de diferentes colores.
- Bolsas plásticas transparentes de 10x15 cm.
- Etiquetas con código.
- Navaja.
- Regla graduada.
- Escuadra.
- Clavos.
- Martillo.
- Lápiz.

B. Equipos

- Sierra circula marca MAZUTTI.
- Sierra cinta o cierra sin fin, marca SICAR 800.
- Disco circular marca WEG.

C. Otros (terceros)

- Obreros.

2.2.3 Fase De Laboratorio

A. Materiales:

- Navaja para madera marca STANLEY.
- Vasos de precipitación de 50, 100 y 600 ml.
- Franela.
- Lijas finas N° 120.
- Baldes

- Pinza.
- Plumones indelebles azul
- Libreta de apuntes.

B. Equipos:

- Estufa marca Tomos modelo 9076^a serie 15060098.
- Laptop Intel core i5 TOSHIBA e impresora LASER.
- Micrótopo marca LEICA SM2000R serie 054333784.
- Afilador de cuchilla marca LEICA SP 9000 serie 041825660.
- Cámara digital marca PANASONIC.
- Balanza analítica digital de precisión con capacidad de 2100 gr
- Calibrador vernier o pie de rey marca Declusa 0 - 150 mm.

2. Metodología

El método empleado en la investigación fue Experimental - Explicativo, el que consistió en estudiar las propiedades físicas de la especie *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo), obteniendo información cuantitativa y cualitativa a través de los ensayos con las muestras respectivas, procesada analizada e interpretada.

Los ensayos realizados para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo de investigación, están fundamentados en las metodologías planteadas por la Norma Técnica Peruana: NTP - 251.

2.1 Procedimiento

2.1.1 Fase Pre- Campo

Se preparó y recopiló, todos los instrumentos para el reconocimiento de la especie *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo), como mapas de la concesión del señor Pablo Callo Condori, los formatos de campo y los demás equipos previos, también se planificó la cantidad de árboles que se utilizaran para el estudio, la forma de cómo se obtendría las viguetas, rodajas y como se transportarían las muestras.

2.1.2 Fase Campo

Para el proceso de muestreo se realizó conforme a la norma NTP N° 251.008, para el proceso de Muestreo (selección y colección de muestras), y las facilidades de accesibilidad a la Zona, el acondicionamiento de la madera destinada a la elaboración de probetas de ensayo se llevó a cabo según la Norma NTP.

A. Ubicación Y Selección De La Zona.

Según La NTP 251.008.2004 para la selección y colección de muestra se debe definir la zona y sub zona donde se debe conocer con anterioridad el volumen de madera que existe de la especie por unidad de superficie. Para el presente trabajo de investigación se considera como zona la concesión castañera con contrato N°17-TAM/C-OPB-J-353-03 del señor Pablo callo Condori (**Ver Tabla N° 05**).

B. Selección De La Sub Zona De Estudios

Dentro de la zona seleccionada (Concesión Castañera) se delimitó y georreferenció el área de las sub-zona, que fue el área de la parcela de corta anual (PCA) del plan de manejo complementario Anual (PMCA) con un tamaño 105 hectáreas dentro de los cuales se inventario la especie de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo).

Tabla 9: Coordenadas de la Sub Zona.

VERT	X	Y
1	478845	8652071
2	478944	8652245
3	479762	8651630
4	480000	8651840
5	479817	8651189
6	479295	8651166
7	479300	8650946
8	478827	8651324
9	478666	8651589

10	478473	8651782
11	478536	8652260
12	478845	8652071

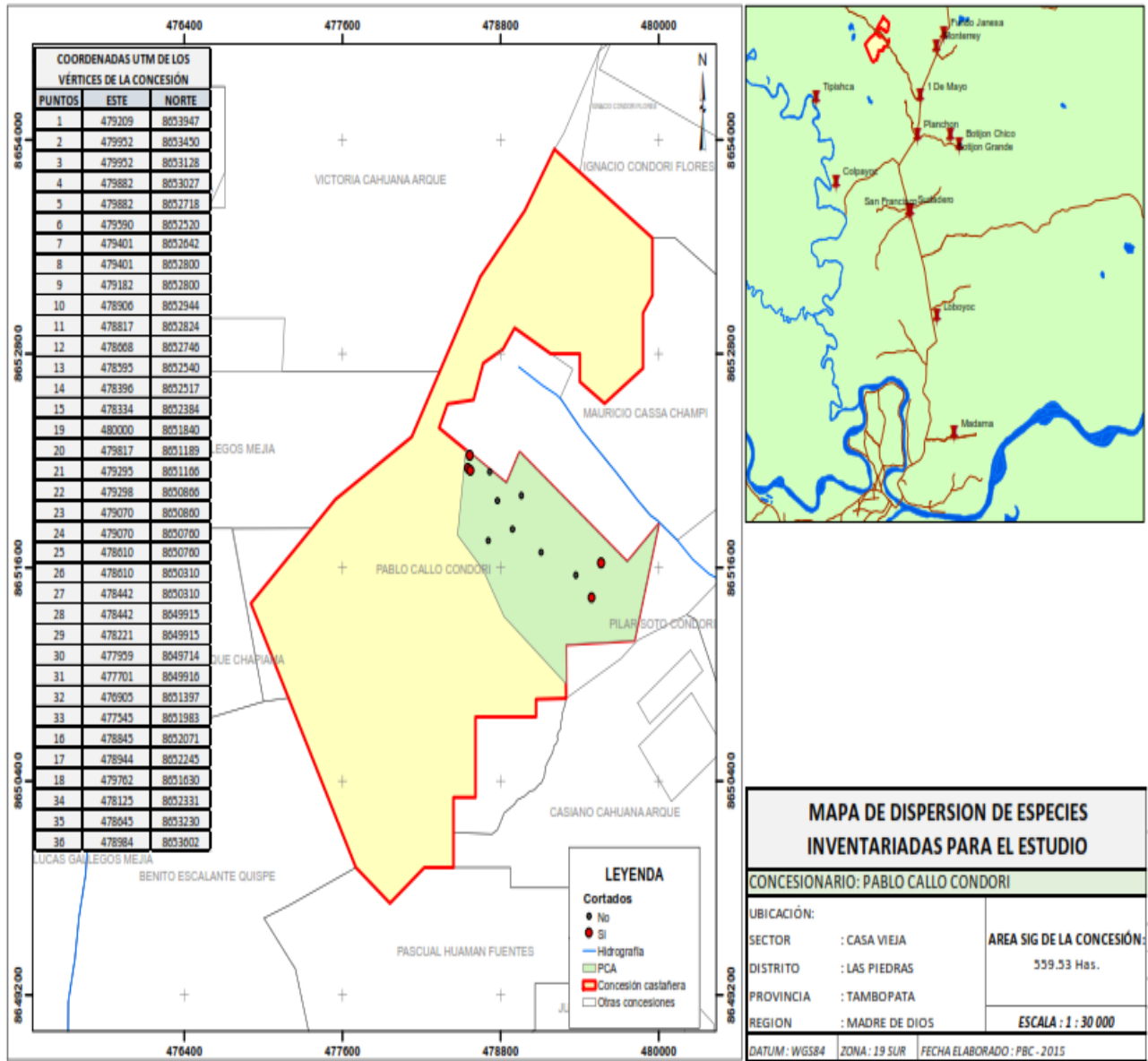


Figura 4: Ubicación De La Zona, Sub Zona Y Dispersión De Especie

C. Inventario De Árboles. -

La concesión castañera no cuenta con un inventario de la especie *D. guianense*, teniendo en cuenta que esta especie no es aprovechada por el concesionario.

De esta manera se realizó el Inventario de los árboles, con la finalidad de obtener el volumen (m³) por unidad de superficie (ha) de la especie en estudio, asimismo sirvió para la determinación de la población, muestra y selección de los árboles de donde se obtuvieron las muestras para el ensayo de las propiedades físicas, el censo se realizó de árboles con DAP's mayores a 41 cm.

Una vez identificado las sub-zona, se procedió a la identificación y selección de los árboles para lo cual se realizó el inventario forestal de la especie *D. guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo). Según el censo realizado en la Sub Zona seleccionada se pudo determinar que la especie *D. guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo). Presento un volumen de 0.63 m³/ha y un número de 0.1 árb/ha.

Tabla 10: Inventario Forestal de *D. guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo)

INVENTARIO FORESTAL								
CODIGO	ESPECIE	DAP (m)	HT (m)	HC (m)	VOL (m3)	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
DAG1	Tamarindo	1.02	20	12	4.78	478543	8652205	SELECCIONADO
DAG2	Tamarindo	1.66	22	14	9.85	478560	8652183	SELECCIONADO
DAG3	Tamarindo	1.03	19	8	4.33	478799	8652226	
DAG4	Tamarindo	1.14	32	15	9.95	478634	8652324	SELECCIONADO
DAG5	Tamarindo	0.89	20	12	3.23	479565	8651625	SELECCIONADO
DAG6	Tamarindo	1.17	26	13	6.29	479494	8651429	SELECCIONADO
DAG7	Tamarindo	0.8	22	8	2.61	479374	8651556	
DAG8	Tamarindo	0.97	22	11	5.28	479110	8651682	
DAG9	Tamarindo	0.87	20	10	3.86	478892	8651813	
DAG10	Tamarindo	0.51	17	12	1.59	478709	8651749	
DAG11	Tamarindo	1.34	20	11	10.08	478961	8652003	
DAG12	Tamarindo	0.95	21	10	4.61	478777	8651971	
TOTAL	12				66.48			5 seleccionados

DAP: Diámetro Altura Pecho; HT: Altura Total; HC: Altura Comercial; VOL: Volumen

D. Población:

La NTP - 251.008, define a la población como el conjunto de individuos sobre las cuales se va a determinar una o más propiedades, en el presente estudio la población se obtuvo del Inventario forestal realizado en la Sub Zona seleccionada, a continuación, se muestra la población del estudio que es el número de árboles por sub-zona.

Tabla 11: Población total de la especie estudiada

ESPECIE				
N°	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	SUB ZONA	POBLACION
1	Tamarindo	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith (tamarindo)	N° 01	12

E. MUESTRA:

Según la NTP – 251.008, los árboles serán seleccionados al azar para asegurar que todos los componentes de la población tuvieran la misma probabilidad de pertenecer a la muestra, en la selección de los árboles se tomaron en cuenta a aquellos que presentaron fuste recto y sin daños patológicos, asimismo se tomaron muestras de cada uno de los árboles para la identificación botánica. La identificación botánica y certificación estuvo a cargo del Herbario “Alwin Gentry, la muestra considerada en la investigación se puede observar en la **Tabla N° 09 (Arboles seleccionados)**.

F. Selección De Los Árboles Para El Estudio (Estudio Preliminar).

Una vez realizado el inventario forestal dentro de la sub zona para la especie en estudio, del cual se tiene como resultado del inventario 12 árboles de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo). Se procedió a seleccionar los arboles al azar y se marcaron cinco (05) arboles (**Tabla N°09**), como lo indica la norma nacional peruana 251.008(1980) los cuales “fueron georreferenciados, para la selección de los árboles se tuvo en consideración que tengan buenas características fitosanitarias, del fuste lo más recto y alto posible, teniendo en

consideración las características morfológicas de la especie” (Arostegui, A. 1975).

Tabla 12: Árboles seleccionados.

INVENTARIO FORESTAL								
CODIGO	ESPECIE	DAP	HT	HC	VOL	ESTE	NORTE	OBSERVACION
DAG1	Tamarindo	1.02	20	12	4.78	478543	8652205	SELECCIONADO
DAG2	Tamarindo	1.66	22	14	9.85	478560	8652183	SELECCIONADO
DAG4	Tamarindo	1.14	32	15	9.95	478634	8652324	SELECCIONADO
DAG5	Tamarindo	0.89	20	12	3.23	479565	8651625	SELECCIONADO
DAG6	Tamarindo	1.17	26	13	6.29	479494	8651429	SELECCIONADO
TOTAL	5				34.10			5 seleccionados

DAP: Diámetro Altura Pecho; HT: Altura Total; HC: Altura Comercial; VOL: Volumen

G. Selección De Trozas

Luego de selección, se procedió al tumbado y trozado de los cinco (05) árboles de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo), fueron marcadas con el número respectivo de cada árbol por especie (A1, A2, A3, A4, A5), una vez realizado este procedimiento se dividió el fuste en 3 porciones iguales, al igual que la rama, de los cuales se sacaron trozas longitudinales de 1.30 m (cada troza).

Teniendo ya las trozas marcadas se codificaron según el número de árbol y la porción del árbol, la codificación se realizó de la base del fuste hacia la copa del árbol codificando con letras (A1, A, AA, AC,AB, C, CA,CC,CB, B, BA,BC,BB, R, RA, RC, RB...A5), de estas trozas se seleccionó al azar la troza que se utilizaría para el estudio (Figura 5). Cabe mencionar que el proceso de selección de las trozas también se realizó al azar.

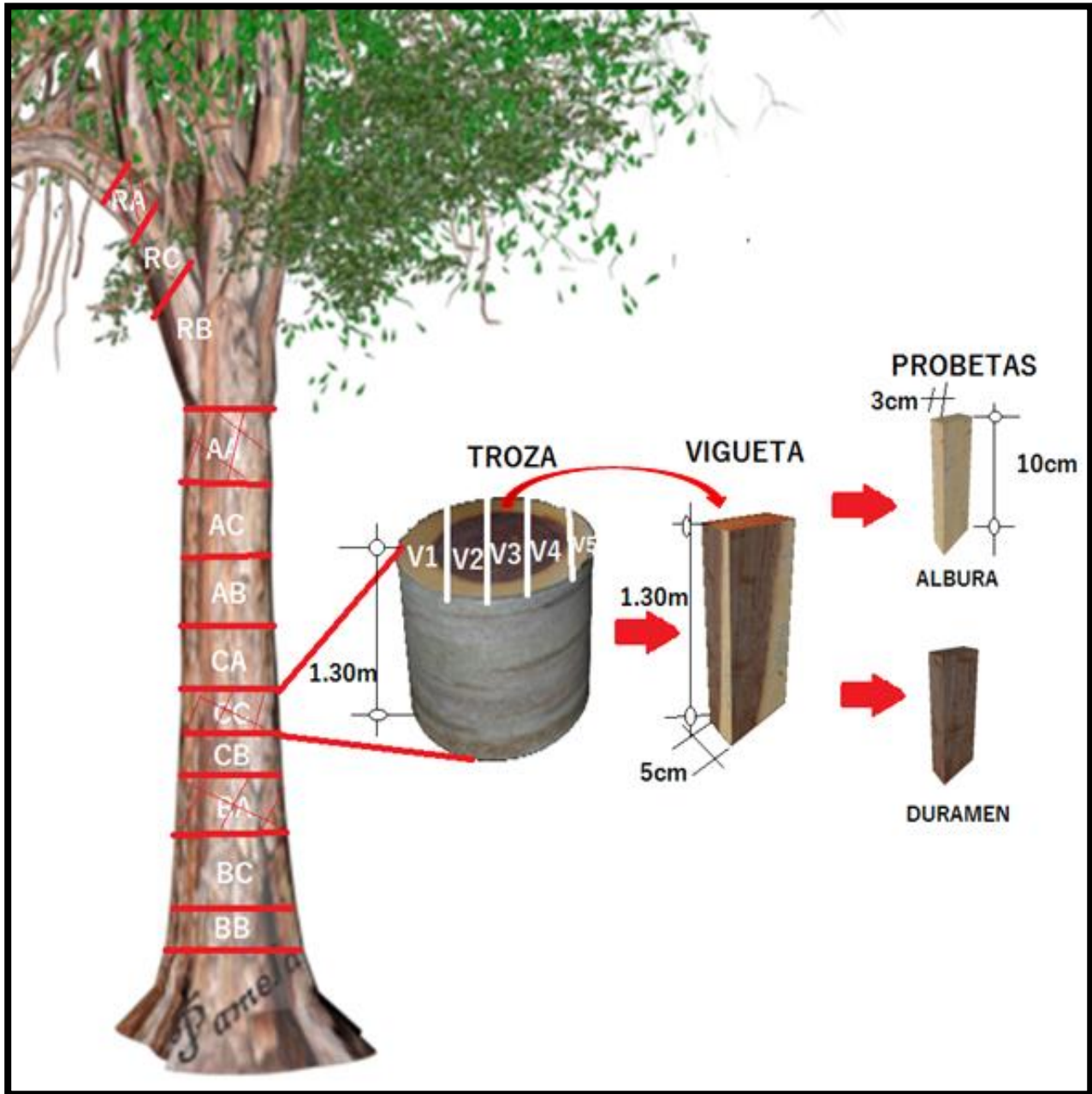


Figura N°05: Proceso de la selección de troza hasta la obtención de probeta.

Tabla 13: Codificaciones de Trozas.

CODIGO	CODIGOS DE TROZAS			TROZA
DAG1	A1AA	A1AC	A1AB	A1AB
	A1CA	A1CC	A1CB	A1CA
	A1BA	A1BC	A1BB	A1BC
	A1RA	A1RC	A1RB	A1RB
DAG2	A2AA	A2AC	A2AB	A2AA
	A2CA	A2CC	A2CB	A2CC
	A2BA	A2BC	A2BB	A2BA
	A2RA	A2RC	A2RB	A2RA
DAG3	A3AA	A3AC	A3AB	A3AC
	A3CA	A3CC	A3CB	A3CB
	A3BA	A3BC	A3BB	A3BC
	A3RA	A3RC	A3RB	A3RC
DAG4	A4AA	A4AC	A4AB	A4AB
	A4CA	A4CC	A4CB	A4CC
	A4BA	A4BC	A4BB	A4BB
	A4RA	A4RC	A4RB	A4RC
DAG5	A5AA	A5AC	A5AB	A5AC
	A5CA	A5CC	A5CB	A5CA
	A5BA	A5BC	A5BB	A5BA
	A5RA	A5RC	A5RB	A5RB

H. selección de viguetas y obtención de probetas

Una vez seleccionado las trozas, se procedió a marcarlas en partes de 5 cm para obtener viguetas de 1,30 x 5 cm, cada espacio de 5 cm estuvo codificada con números (V1, V2, V3,...) respectivamente para luego seleccionarlas al azar, Una vez seleccionada las viguetas fueron aserradas en campo y se procederá a pintar las caras con pintura de aluminio con la finalidad de que estos no pierdan ni ganen humedad del ambiente, estas viguetas fueron transportadas al aserradero para su posterior despiece siguiendo las recomendaciones de la norma NTP 251.009.

Tabla 14: Selección y Codificación de Viguetas

CODIGO ARBOL	TROZA SELECCIONADA	CODIGO DE VIGUETA SELECCIONADA
DAG1	A1AB	A1ABV3
	A1CA	A1CAV2
	A1BC	A1BCV3
	A1RB	A1RBV4
DAG2	A2AA	A2AAV4
	A2CC	A2CCV5
	A2BA	A2BAV3
	A2RA	A2RAV2
DAG3	A3AC	A3AAC2
	A3CB	A3CBV4
	A3BC	A3BCV3
	A3RC	A2RCV2
DAG4	A4AB	A4ABV4
	A4CC	A4CCV3
	A4BB	A4BBV4
	A4RC	A4RCV2
DAG5	A5AC	A5ACV3
	A5CA	A5CAV3
	A5BA	A5BAV4
	A5RB	A5RBV3

I. Codificación de probetas

Una vez ya obtenidas las 160 probetas (80 de albura y 80 de duramen) se codificaron de la siguiente manera:

1FAA1, 1FAD1, 1FCA1, 1FCA1, 1FBA1, 1FBD1, 1RA1, 1RD1; “haciendo las repeticiones de cada una de ellas, enumerándolas consecutivamente cada Muestra”.

Tabla 15: Codificación de las probetas.

CODIFICACION PROBETA	DESCRIPCION
1FAA1	“Árbol uno, fuste, ápice, albura, probeta uno”
1FAD1	“Árbol uno, fuste, ápice, duramen, probeta uno”
1FCA1	“Árbol uno, fuste, centro, albura, probeta uno”
1FCD1	“Árbol uno, fuste, centro, duramen, probeta uno”
1FBA1	“Árbol uno, fuste, base, albura, probeta uno”
1FBD1	“Árbol uno, fuste, base, duramen, probeta uno”
1RA1	“Árbol uno, rama, albura, probeta uno”
1RD1	“Árbol uno, rama, duramen, probeta uno”

Tabla 16: Dimensiones y Números de Probetas de los Ensayos.

TIPO DE ENSAYO	CONDICION VERDE		
	DIMENSIONES (cm)	N° PROBETAS	
		ALBURA	DURAMEN
1. CONTENIDO DE HUMEDAD	3X3X10		
2. DENSIDAD	3X3X10	80	80
3. CONTRACCION RADIAL, TANGENCIAL Y VOLUMETRICA	3X3X10		
TOTAL		160	

2.1.3 Determinación De Las Propiedades Físicas de la Madera

En esta etapa del estudio se realizó “la determinación de las siguientes propiedades físicas: Densidad; contenido de humedad; peso específico; contracciones volumétrica; contracción tangencial, contracción radial y la relación de contracción tangencial a radial para la especie, los ensayos se ejecutaron de acuerdo a especificaciones de la Norma Técnica Peruana”:

Tabla 17: Norma Técnica Peruana (P. Físicas)

METODO	NORMA
Determinación del Contenido de Humedad.	NTP 251.010
Determinación de la Densidad.	NTP 251.011
Determinación de la Contracción.	NTP 251.012

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP)

De cada una de las probetas por árbol se determinó su peso inicial, volumen inicial, contracción radial inicial, contracción tangencial inicial y contracción longitudinal inicial. El volumen se determinó por el método de desplazamiento de agua o inmersión. Las contracciones se determinaron con un micrómetro, con una precisión de ± 0.01 mm. y el peso con una balanza de precisión de ± 0.01 gramos. Luego se secaron las probetas en estufa, y se incrementó gradualmente la temperatura de 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, 100° durante 8 días, posterior se aumentó hasta los $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$., donde se mantuvo hasta que el peso fue constante.

Durante el tiempo que se secaron las probetas en la estufa, se determinaron diariamente el peso de cada probeta, teniendo cuidado de colocarlas en un desecador (provista de silicagel) para que se enfriaran a temperatura ambiente. Cuando las probetas alcanzaron su peso constante se determinaron las dimensiones finales como la contracción radial Final, contracción tangencial Final y contracción longitudinal Final y el volumen final por el método de desplazamiento de agua o inmersión.

A. Determinación Del Contenido De Humedad (CH)

Procedimientos:

Según la NTP – 251.010, “existen dos métodos de ensayo que se utilizan para determinar el contenido de humedad de la madera y estos son: método de secado en estufa y el método de extracción con disolventes”. El método que se utilizó para el presente estudio fue el de secado en estufa.

Para el método de secado en estufa se emplearon los siguientes aparatos, una balanza con precisión de 0.1 g. para obtener el peso de cada una de las probetas, una estufa eléctrica provista de un termorregulador que permitió operar la temperatura de hasta 103 ± 2 °C y un desecador de laboratorio provisto de sustancia higroscópica adecuada (silica gel).

Una vez obtenido las probetas se procedió a pesarlas para obtener el peso húmedo (Ph), luego se puso en la estufa y se aplicó un calentamiento gradual hasta alcanzar los 103 ± 2 °C, luego de cada aumento de temperatura gradual se deja enfriar en el desecador y se pesan. Se repitió este tratamiento hasta obtener peso constante de las probetas y mediante la fórmula convencional del contenido de humedad (CH%) se realizó el cálculo de cada una de las probetas.

$$CH\% = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Dónde:

CH = Contenido de humedad (%)

Ph = Peso húmedo (g)

Ps = Peso anhidro o seco al aire (g)

B. Determinación de la densidad en estado verde (D)

Procedimientos:

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

Una vez obtenido el peso inicial de la probeta en gramos por lectura directa en la balanza se procedió a la obtención del volumen. Según la NTP – 251.011, el volumen de la probeta puede ser determinado por dos métodos: por medición directa y por medición indirecta, para efectos del presente estudio se aplicó el método de medición indirecta o por inmersión en agua, donde se sumergió

totalmente la probeta en agua sin tocar el fondo del recipiente (vaso de precipitados) en un peso conocido de agua y se registró el incremento del peso correspondiente, que representa el volumen de la probeta, se repitió este procedimiento en todas las probetas del ensayo, la formula convencional que se aplicó para la obtención de la densidad es:

$$D = \frac{m}{V} \text{ g/cm}^3$$

Dónde:

- D = Densidad de la madera en gr/cm³
- m = Masa a un determinado CH (gr)
- V = Volumen a un determinado CH (cm³)

C. Densidad Básica (DB)

Procedimientos:

Obtenido el peso inicial de las probetas se procedió a someterlas a un secado previo en un horno bien ventilado a una temperatura de 103 ± 2 °C hasta alcanzar peso constante, se aumentó lentamente la temperatura cada 22 horas en diferentes etapas (30°C, 40°C, 50°C, 55°C, 60°C, ... , 100°C, 103°C). Antes de pesar las probetas se enfriaron en un desecador con material higroscópico (silica gel) con la finalidad de evitar la absorción de la humedad del ambiente. El peso de las probetas en gramos fue obtenido por lectura directa en la balanza.

La densidad básica de la madera es la razón entre el peso anhidro y el volumen de la probeta saturada, la formula convencional para la determinar la densidad básica según Durand (1989) y Siau (1984), citado por Rosales (2009) es:

$$DB = \frac{m_0}{V_h} \text{ g/cm}^3$$



Dónde:

DB = Densidad básica en gr/cm^3

m_0 = Masa anhidra (gr)

V_h = Volumen húmedo (cm^3)

D. Densidad Anhidra (D_0)

Procedimientos:

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 .

Con los datos obtenidos del peso anhidro anteriormente se procedió a la determinación del volumen anhidro, este proceso se realizó por el método de inmersión siguiendo el mismo procedimiento de la densidad, y la formula convencional que se aplicó para hallar le densidad anhidra es;

$$D_a = \frac{m_0}{V_0} \text{g}/\text{cm}^3$$

Dónde:

D_a = Densidad de la madera en gr/cm^3

m_0 = Masa a un determinado CH (gr)

V_0 = Volumen a un determinado CH (cm^3)

E. Determinación De Las Contracciones De La Madera.

Para la determinación de las contracciones de la madera se utilizó la norma NTP – 251.012, para este ensayo se marcaron las probetas en las caras tangenciales y radiales, luego se determinó el peso de las probetas en gramos, este fue obtenido por lectura directa en la balanza. Para la determinación de las dimensiones de las

probetas en estado verde se consideró que las dimensiones sean tomadas siempre en los mismos puntos centrales de las caras haciendo el uso del micrómetro para medir las dimensiones tangencial y radial, para medir la dimensión longitudinal se usó un pie de rey o vernier digital.

Según la NTP - 251.012, la formula convencional que se aplicó para la determinación de la contracción tangencial total del estado verde al estado anhidro es:

$$C_{tt}(\%) = \frac{D_{tv} - D_{ta}}{D_{tv}} \times 100$$

Dónde:

C_{tt} = Contracción tangencial total (%)

D_{tv} = Dimensión tangencial en estado verde

D_{ta} = Dimensión tangencial en estado anhidro

Según NTP - 251.012, la formula convencional que se aplicó para la determinación de la contracción radial total del estado verde al estado anhidro es:

$$C_{rt}(\%) = \frac{D_{rv} - D_{ra}}{D_{rv}} \times 100$$

Dónde:

C_{rt} = Contracción radial total (%)

D_{rv} = Dimensión radial en estado verde

D_{ra} = Dimensión radial en estado anhidro

Según NTP - 251.012, la formula convencional que se aplicó para la determinación de la contracción longitudinal total del estado verde al estado anhidro es:

$$C_{lt}(\%) = \frac{D_{lv} - D_{la}}{D_{lv}} \pi r^2$$

Dónde:

C_{lt} = Contracción longitudinal total (%)

D_{lv} = Dimensión longitudinal en estado verde

D_{la} = Dimensión longitudinal en estado anhidro

Según la NTP - 251.012, la fórmula que se aplicó para la determinación de la contracción volumétrica total (Método de Inmersión) del estado verde al estado anhidro es:

$$C_{tv} = \frac{D_{VI} - D_{VF}}{D_{VI}} \times 100$$

Dónde:

C_{tv} = Contracción Volumétrica

D_{VI} = Dimensión volumétrica Inicial

D_{VF} = Dimensión volumétrica Final

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

$$\text{Relacion } T/R = \frac{\text{Contracción tangencial \%}}{\text{Contracción radial \%}}$$

2.1.4 Fase Gabinete:

Con los datos obtenidos para la determinación de las propiedades físicas de la madera de *D. guianense*, se procedió a realizar los cálculos y analizar la información, con el Software estadístico R versión 3.1.

Técnica de Análisis de Datos:

Se utilizó un diseño experimental factorial de 4A x 2B, donde Factor A (Variación longitudinal) serán sus cuatro niveles: Rama, Ápice, Centro y Base, y el Factor B (Variación Transversal) será sus dos niveles de Albura y Duramen

CAPITULO III

3. Resultados y Discusión

A continuación, se muestran los resultados de la variación longitudinal y variación transversal de las propiedades físicas de la madera de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith.

Tabla 18: Valores promedio y desviación estándar ANOVA y Test de Tukey para la Variación Longitudinal y Variación Transversal de la madera de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith.

Variación Longitudinal

Posición Longitudinal	Contenido Humedad (%)	Densidad Básica (gr/cm ³)	Densidad Normal (gr/cm ³)	Densidad Anhidra (gr/cm ³)	Contracción Radial (%)	Contracción Tangencial (%)	Contracción Longitudinal (%)	Contracción Volumétrica (%)	T/R
RAMA	60.20±7.18 ^A	0.76±0.04 ^C	1.22±0.05 ^A	0.88±0.05 ^C	5.15±0.75 ^A	9.68±1.27 ^A	0.33±0.22 ^A	13.22±1.78 ^A	1.89±0.18 ^B
ÁPICE	57.23±5.26 ^{AB}	0.77±0.05 ^{BC}	1.22±0.05 ^A	0.90±0.06 ^{BC}	4.63±0.85 ^A	9.60±0.88 ^A	0.27±0.16 ^{AB}	13.22±0.93 ^A	2.11±0.26 ^A
CENTRO	56.33±6.03 ^B	0.78±0.04 ^{AB}	1.22±0.05 ^A	0.90±0.05 ^{AB}	4.92±1.18 ^A	9.80±1.35 ^A	0.26±0.15 ^{AB}	13.31±1.72 ^A	2.07±0.35 ^A
BASE	55.58±5.63 ^B	0.79±0.04 ^A	1.24±0.04 ^A	0.93±0.05 ^A	4.83±1.27 ^A	10.13±0.95 ^A	0.21±0.14 ^B	13.71±1.48 ^A	2.18±0.39 ^A
Promedio	57.34±6.26	0.78±0.04	1.23±0.05	0.90±0.05	4.88±1.04	9.80±1.14	0.27±0.18	13.37±1.52	2.06±0.33

Variación Transversal

Posición Transversal	Contenido Humedad (%)	Densidad Básica (gr/cm ³)	Densidad Normal (gr/cm ³)	Densidad Anhidra (gr/cm ³)	Contracción Radial (%)	Contracción Tangencial (%)	Contracción Longitudinal (%)	Contracción Volumétrica (%)	T/R
ALBURA	55.48±3.19 ^B	0.77±0.02 ^B	1.19±0.03 ^B	0.88±0.03 ^B	4.63±0.88 ^B	9.69±1.10 ^A	0.29±0.19 ^A	13.23±1.40 ^A	2.14±0.29 ^A
DURAMEN	59.20±7.86 ^A	0.79±0.05 ^A	1.26±0.03 ^A	0.92±0.07 ^A	5.13±1.14 ^A	9.92±1.17 ^A	0.24±0.16 ^A	13.50±1.62 ^A	1.99±0.34 ^B
Promedio	57.34±6.26	0.78±0.04	1.23±0.03	0.90±0.05	4.88±1.04	9.80±1.14	0.27±0.18	13.37±1.52	2.06±0.32

*Parámetros con letras diferentes difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

3.1 Contenido de Humedad

En función a la variación longitudinal, la especie *D. guianense*, se puede afirmar que el contenido de humedad de la posición rama (60,20% \pm 7,18) y el ápice (57,23% \pm 5,26) son estadísticamente iguales, por otra parte, el ápice, el centro (56,33 \pm 6,03) y la base (55,58 \pm 5,63) son estadísticamente iguales en función al contenido de humedad, ya la posición de la rama con el centro y con la base son estadísticamente diferentes (Figura 6). La posición de la rama presenta mayor contenido de humedad (60,20%) y la posición de la base presenta menor contenido de humedad (55,58%). (Tabla 15).

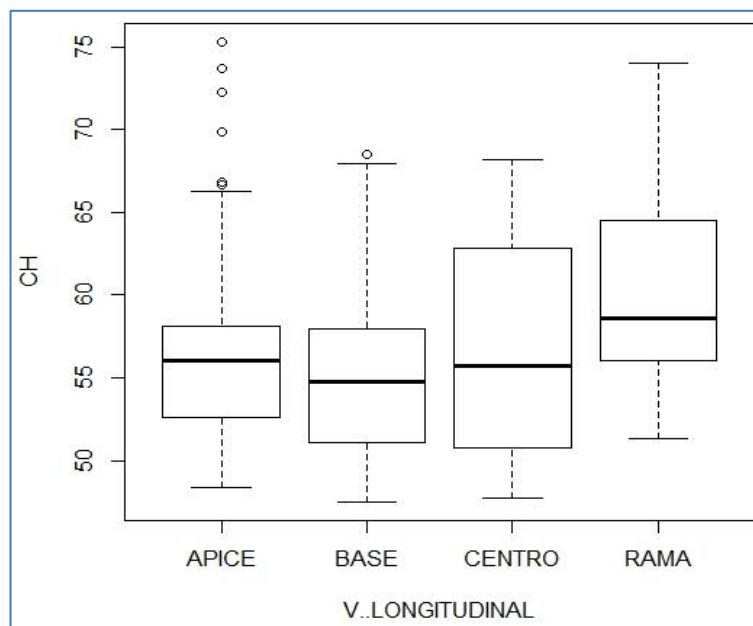


Figura 6: Variación Longitudinal del Contenido de Humedad de la especie *D. guianense*.

En función a la variación transversal, la especie *D. guianense*, se puede afirmar que el contenido de humedad de la posición de la albura (55,48 \pm 3,19) y el duramen (59,20 \pm 7,86) son estadísticamente diferentes (Figura 7). Si bien se espera que la posición de la albura presente mayor contenido de humedad, se entiende el resultado puesto el xilema que conforma la albura es el xilema funcional, donde los

vasos esta sin obstrucción, porque se encargan del transporte de la sabia bruta (agua y sales minerales), y por consiguiente el secado de la madera ocurre con mayor facilidad en esta región, lo que se diferencia del duramen que es xilema no funcional y que sus vasos esta obstruidos pos sustancia orgánicas como gomas, que dificulta la salida del agua. (Tabla 15).

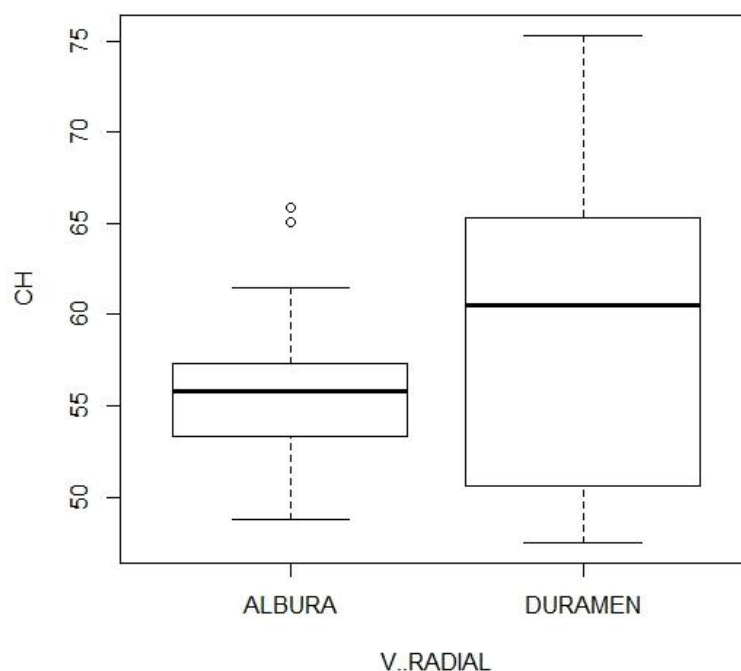


Figura 7: Variación Transversal del Contenido de Humedad de la especie *D. guianense*.

Por último, el contenido de humedad promedio para la especie *D. guianense*, en el presente estudio fue de $57,34 \% \pm 6,26$ (Tabla 15). Para esta propiedad física no se ha encontrado información en la revisión bibliográfica para poder hacer alguna inferencia, siendo esto el aporte de la investigación, del conocer las propiedades físicas de la especie en estudio.

Sin embargo el valor promedio de la especie para esta propiedad, es comparada con otras especies que son semejantes, tales como; *Hymenaea oblongifolia*, *Colubrina glandulosa* (58%); *Tetragastris sp.* (56%), *Eschweilera parvifolia* (54%) y *Pouteria sp.* (53%), *Dipteryx odorata* (51%). según Chavesta, M. (2005).

3.2 Densidad Básica

En cuanto a la variación longitudinal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la densidad básica de la posición base ($0,79 \text{ g/cm}^3 \pm 0,04$) y el centro ($0,78 \text{ g/cm}^3 \pm 0,04$) son estadísticamente iguales, el centro y el ápice ($0,77 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05$) son estadísticamente iguales y el ápice y la rama ($0,76 \text{ g/cm}^3 \pm 0,04$) son estadísticamente iguales en función a la densidad básica, ya la posición de la rama con respecto al centro y la base son estadísticamente diferentes (Figura 8). La posición de la base presenta mayor densidad básica ($0,79 \text{ g/cm}^3$) y la posición de la rama presenta menor densidad básica ($0,76 \text{ g/cm}^3$) (Tabla 15).

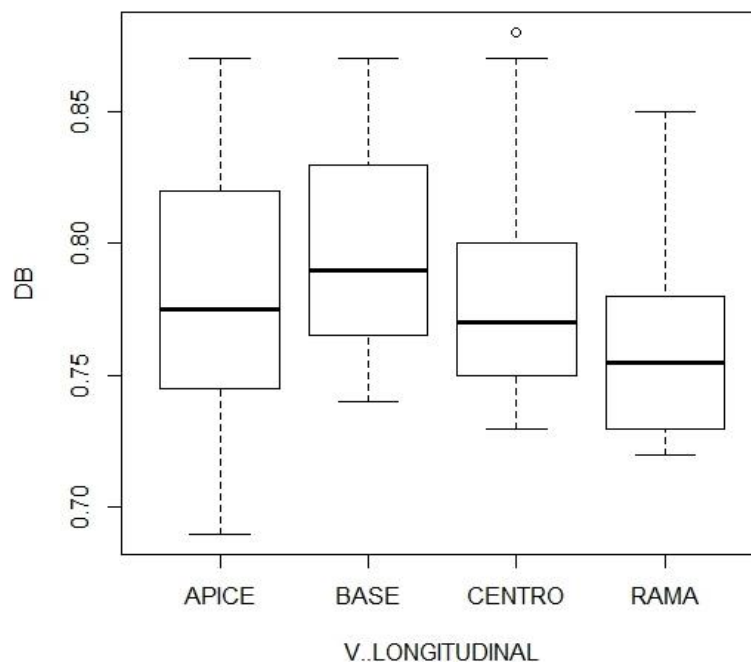


Figura 8: Variación Longitudinal de la Densidad Básica de la especie *D. guianense*.

De la variación transversal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la densidad básica de la posición de la albura ($0,77 \text{ g/cm}^3 \pm 0,02$) y el duramen ($0,79 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05$) son estadísticamente diferentes (Figura 9), presentando el duramen mayor densidad básica por ser xilema no funcional, constituida de células muertas y cuyos vasos están obstruidas por inclusiones orgánicas é inorgánicas, siendo la

función de esta región el sostén del árbol a diferencia de la albura que es xilema funcional encargada del transporte de agua y sustancias minerales, sin presentar obstrucción de vasos por todo esto presenta densidad básica menor a la del duramen. (Tabla 15).

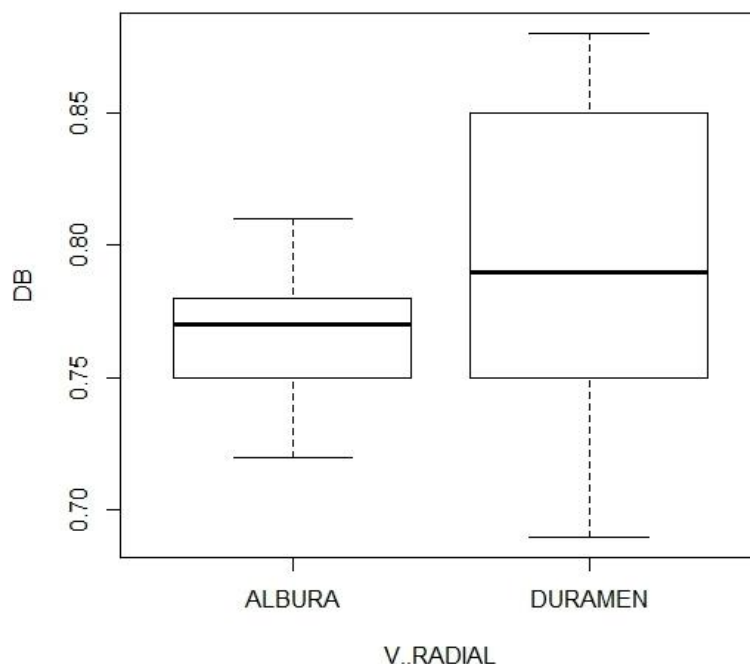


Figura 09: Variación Transversal de la Densidad Básica de la especie *D. guianense*.

Se determinó que, la densidad básica promedio para la especie *D. guianense*, en el presente estudio fue de $0,78 \text{ g/cm}^3 \pm 0,04$ (Tabla 15), este resultado comparado con otras investigaciones de la misma especie, son semejantes, confirmando a lo que indican, Fuentes (1998); Tamarit & Fuentes (2003) y Vignote (2014), que encontraron la densidad básica de $0,78 \text{ g/cm}^3$. Por otro lado, los resultados son diferentes a los de Solorzano et al. (2016), Garcia & Moya (1998), Reyes et al. (1992), WWF, (2012); SILVA, (2008) $0,82$; $0,83$; $0,87$; $0,88 \text{ g/cm}^3$ respectivamente. Si bien con estos estudios los resultados son diferentes, cualitativamente se encuentran en el grupo de clasificación de la densidad básica muy alta.

3.3 Densidad Normal

De la variación longitudinal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la densidad normal en las cuatro posiciones longitudinales (rama, ápice, centro y base) son estadísticamente iguales, por lo que esta propiedad física no presenta diferencia significativa. (Figura 10).

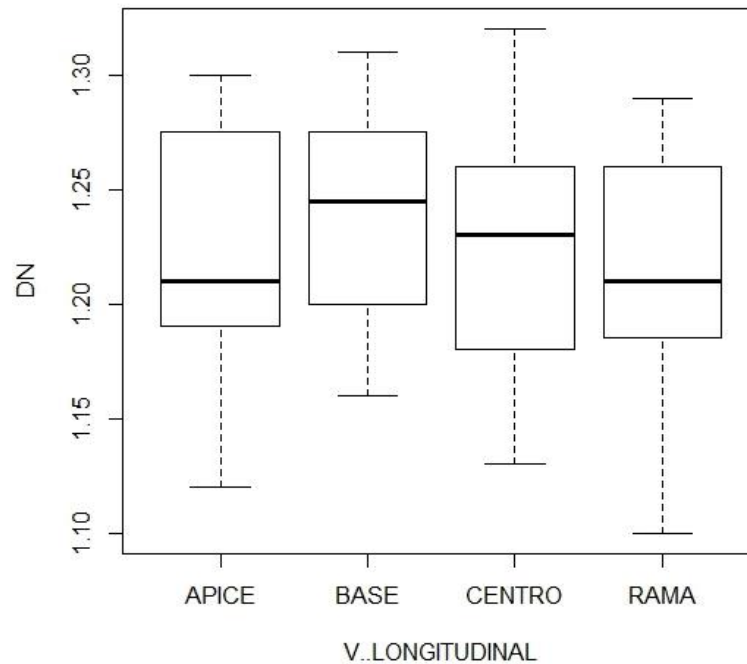
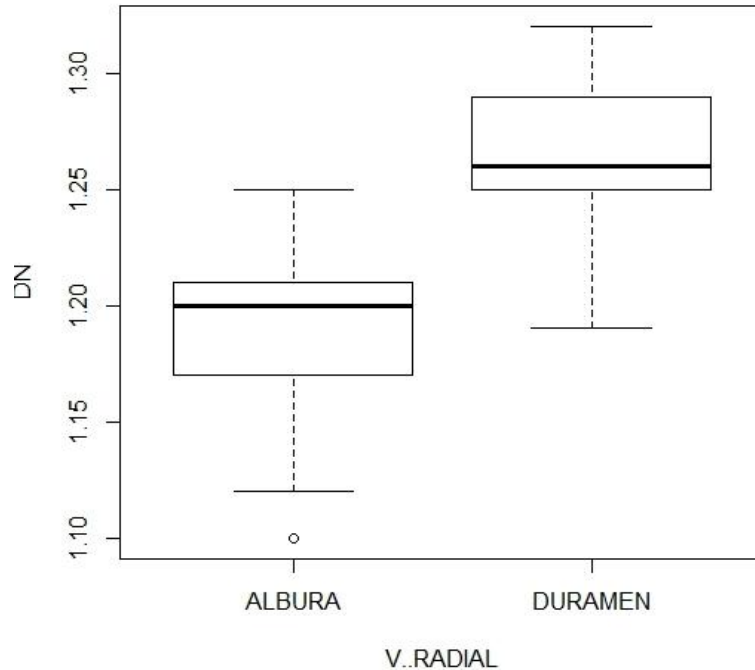


Figura 10: Variación Longitudinal de la Densidad Normal de la especie *D. guianense*.

De la variación transversal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la densidad normal de la posición de la albura ($1,19 \text{ g/cm}^3 \pm 0,03$) y el duramen ($1,26 \text{ g/cm}^3 \pm 0,03$) son estadísticamente diferentes (Figura 11). La posición del duramen presenta mayor densidad normal que la posición de la albura. (Tabla 15).



Figura

11: Variación

Transversal de la Densidad Normal de la especie *D. guianense*.

Entonces, la densidad normal promedio para la especie *D. guianense*, en el presente estudio fue de $1,23 \text{ g/cm}^3 \pm 0,03$ (Tabla 15), no se ha encontrado información al respecto de esta propiedad física, para poder hacer alguna inferencia.

3.4 Densidad Anhidra

En función a la variación longitudinal, la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la densidad anhidra en la posición rama ($0,88 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05$) y ápice ($0,90 \text{ g/cm}^3 \pm 0,06$) son estadísticamente iguales, la posición ápice y el centro ($0,90 \pm 0,05$) son estadísticamente iguales y la posición centro y base ($0,93 \pm 0,05$) son estadísticamente iguales. La posición de la rama, el ápice son estadísticamente diferentes comparados con la posición de la base. (Figura 12).

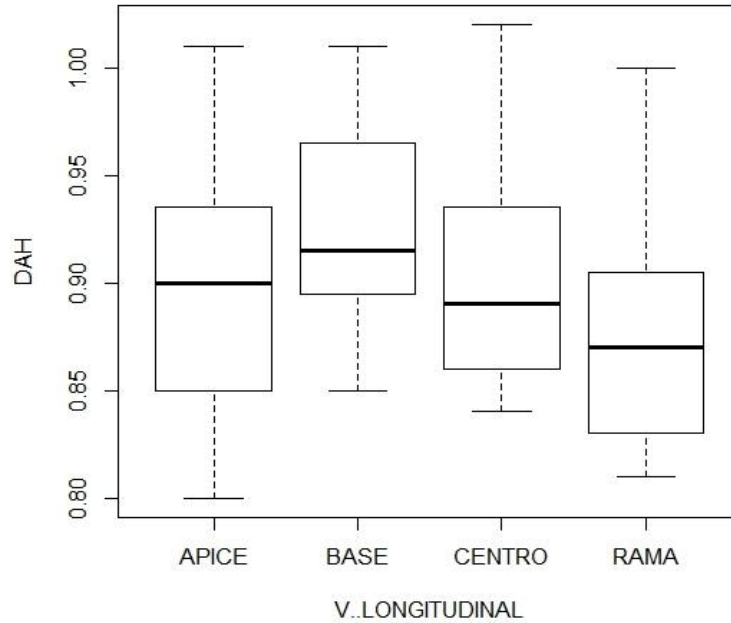


Figura 12: Variación Longitudinal de la Densidad Anhidra de la especie *D. guianense*.

De la variación transversal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la densidad anhidra de la posición de la albura ($0,88 \text{ g/cm}^3 \pm 0,03$) y el duramen ($0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,07$) son estadísticamente diferentes (Figura 13). La posición del duramen presenta mayor densidad anhidra que la posición de la albura. (Tabla 15).

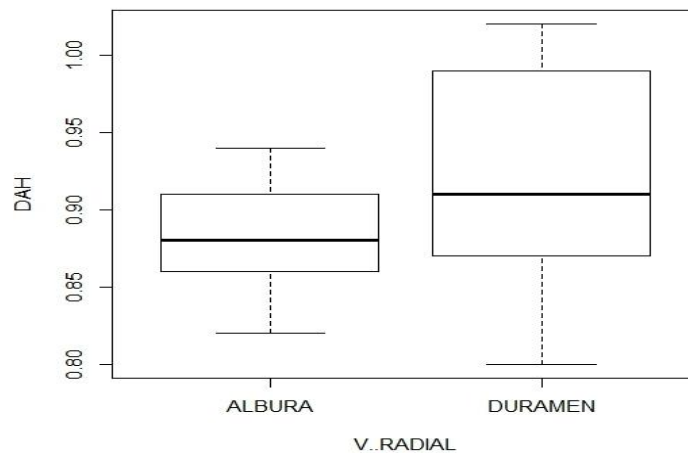


Figura 13: Variación Transversal de la Densidad Anhidra de la especie *D. guianense*.

Por último, la densidad anhidra promedio para la especie *D. guianense*, en el presente estudio fue de $0,90 \text{ g/cm}^3 \pm 0,07$ (Tabla 15), sin embargo en el presente estudio se indica que en la densidad anhidra existe diferencia significativa entre las posiciones del árbol de la especie *D. guianense* lo mismo que (Arechaga, 2009), muestra que existe diferencia significativa en la densidad anhidra del factor parte del árbol.

3.5 Contracción Radial

En cuanto a la variación longitudinal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la contracción radial en las cuatro posiciones longitudinales (rama, ápice, centro y base) son estadísticamente iguales, por lo que esta propiedad física no presenta diferencia significativa. (Figura 14).

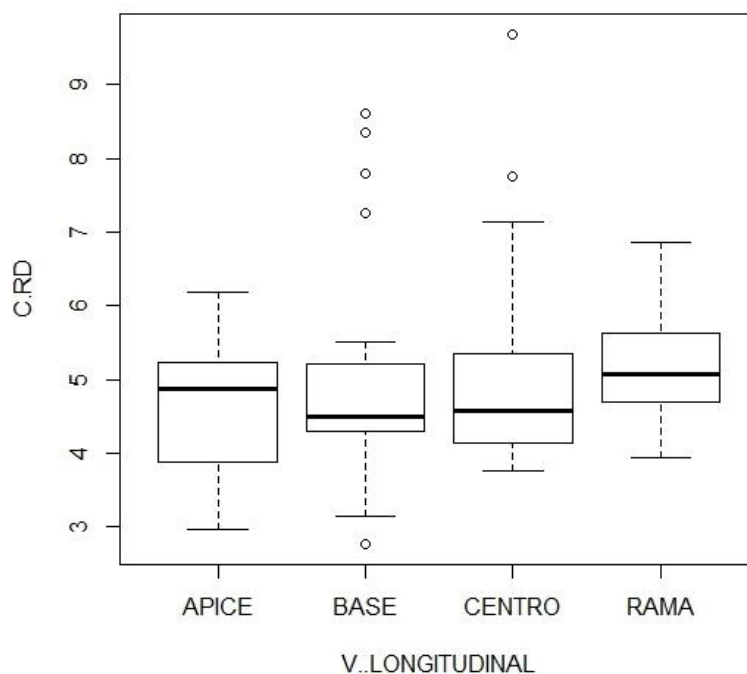


Figura 14: Variación Longitudinal de la Contracción Radial de la especie *D. guianense*.

En cuanto a la variación transversal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la contracción radial de la posición de la albura ($4,63 \% \pm 0,88$) y el duramen ($5,13 \% \pm 1,14$) son estadísticamente diferentes (Figura 15). La posición del duramen presenta mayor contracción radial que la posición de la albura. (Tabla 15).

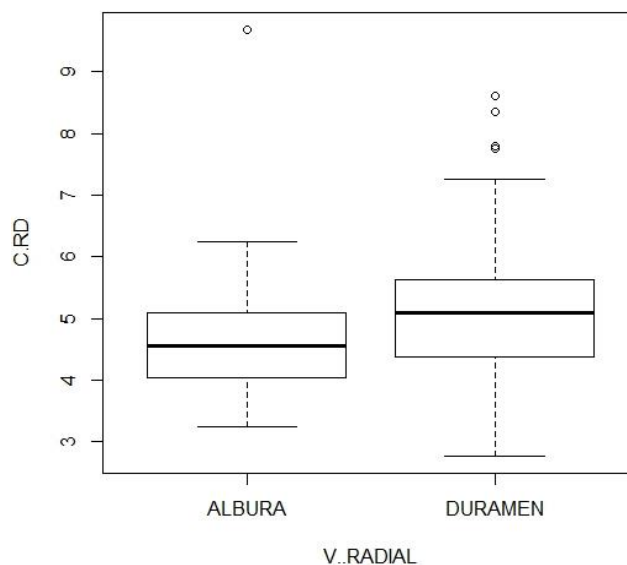


Figura 15: Variación Transversal de la Contracción Radial de la especie *D. guianense*.

La contracción radial promedio para la especie *D. guianense*, en el presente estudio fue de $4,88 \% \pm 1,14$ (Tabla 15). Este resultado comparado con otras investigaciones de la misma especie, se encontró alguna semejanza con Silva (2008) el cual indica que la contracción radial es de 5,1%, ahora Mainieri (1989), WWF (2012) y Rocha (2014) muestran que la contracción radial es de 6,30%, por último, Fuentes (1998) y Vignote (2014) encontraron una contracción radial de 6,73%. Con los resultados obtenidos y en comparación con otras investigaciones la contracción radial promedio encontrada de 4,88 % es más baja, esto tecnológicamente hablando es bueno porque nos dice es más estable en el corte radial que los demás estudios.

3.6 Contracción Tangencial

De la variación longitudinal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la contracción tangencial en las cuatro posiciones longitudinales (rama, ápice, centro

y base) son estadísticamente iguales, por lo que esta propiedad física no presenta diferencia significativa. (Figura 16).

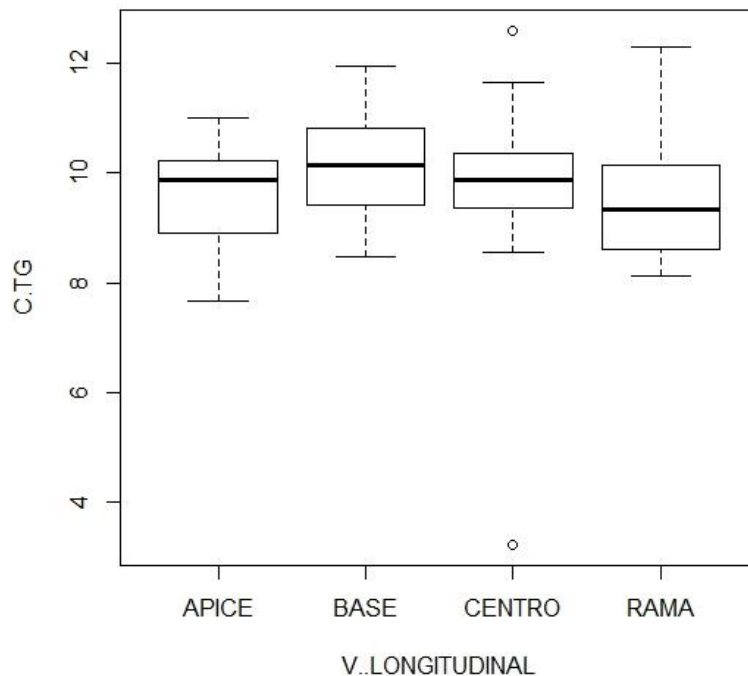


Figura 16: Variación Longitudinal de la Contracción Tangencial de la especie *D. guianense*.

De la variación transversal, la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la contracción tangencial de la posición de la albura ($9,69 \% \pm 1,10$) y el duramen ($9,92 \% \pm 1,17$) son estadísticamente iguales (Tabla 15), por lo que esta propiedad física no presenta diferencia significativa. (Figura 17).

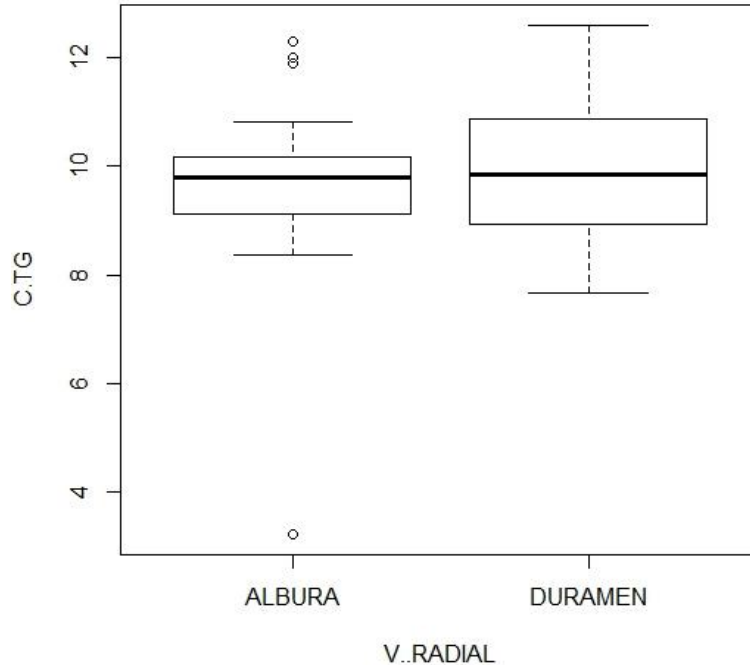


Figura 17: Variación Transversal de la Contracción Tangencial de la especie *D. guianense*.

Entonces, la contracción tangencial promedio para la especie *D. guianense*, en el presente estudio fue de $9,80 \pm 1.14$ (Tabla 15). Este resultado comparado con otras investigaciones de la misma especie, son semejantes a los encontrados por Fuentes (1998) y Vignote (2014), que reportan el valor de 9,10% para contracción tangencial. Por otro lado, los resultados son diferentes a los indicados por Miainieri (1989); Silva, (2008); WWF, (2012); y Rocha, (2014); los cuales muestran el valor de 11.5%; para la contracción tangencial. Con los resultados obtenidos y en comparación con otras investigaciones la contracción tangencial promedio encontrada de 9.80 % es más baja, esto tecnológicamente hablando es bueno porque nos dice es más estable en el corte tangencial que los demás estudios.

3.7 Contracción Longitudinal

En función a la variación longitudinal, la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la contracción longitudinal en la posición rama (0,33 %±0,22), ápice (0,27 %±0,16) y centro (0,26 %±0,15) son estadísticamente iguales. Las posiciones de ápice, centro y base (0,21 %±0,14) son estadísticamente iguales; mientras que la posición rama y la posición base son estadísticamente diferentes. (Figura 18).

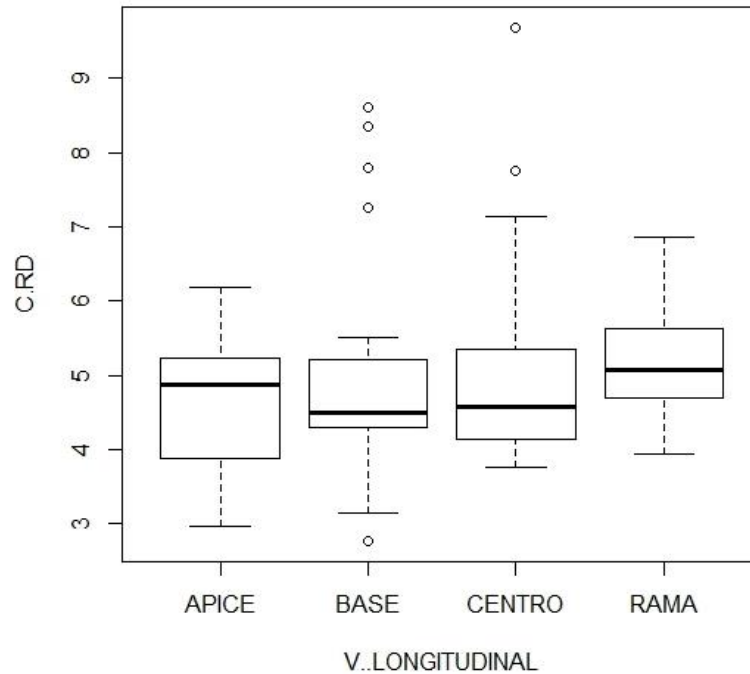


Figura 18: Variación Longitudinal de la Contracción Longitudinal de la especie *D. guianense*.

En función a la variación transversal, la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la contracción longitudinal de la posición de la albura (0,29 %±0,19) y el duramen (0,24 %±0,16) son estadísticamente iguales (Tabla 15), por lo que esta propiedad física no presenta diferencia significativa. (Figura 19).

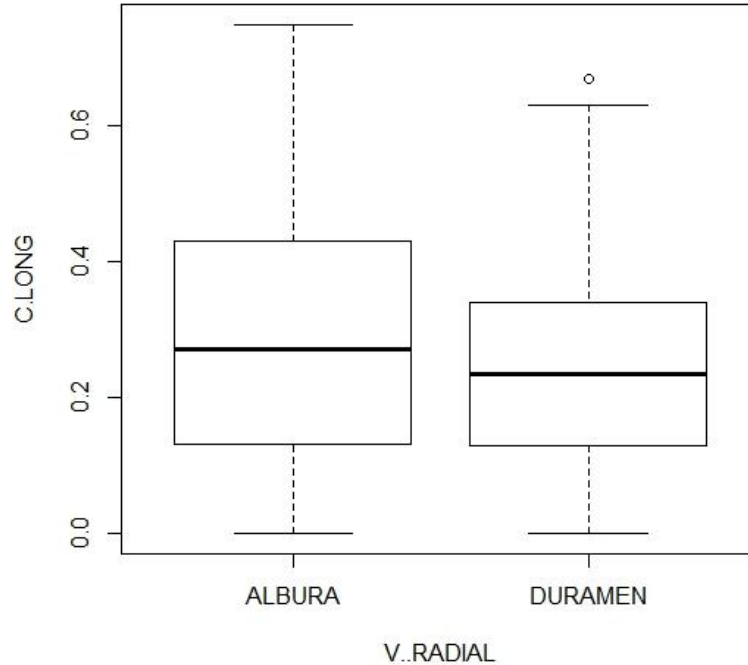


Figura 19: Variación Transversal de la Contracción Longitudinal de la especie *D. guianense*.

Por último, la contracción longitudinal promedio para la especie *D. guianense*, en el presente estudio fue de $0,27 \pm 0,18$ (Tabla 15). No se ha encontrado información al respecto de esta propiedad física, para poder hacer alguna inferencia.

3.8 Contracción Volumétrica

En cuanto a la variación longitudinal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la contracción volumétrica en las cuatro posiciones longitudinales (rama, ápice, centro y base) son estadísticamente iguales, por lo que esta propiedad física no presenta diferencia significativa. (Figura 20).

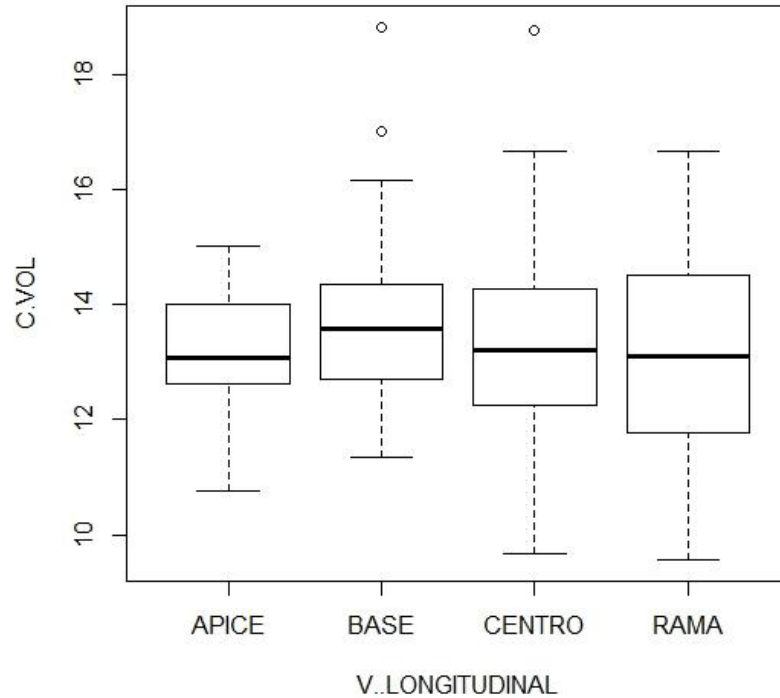


Figura 20: Variación Longitudinal de la Contracción Volumétrica de la especie *D. guianense*.

En cuanto a la variación transversal, la especie *D. guianense*, se puede afirmar que la contracción volumétrica de la posición de la albura ($13,23 \% \pm 1,40$) y el duramen ($13,50 \% \pm 1,62$) son estadísticamente iguales (Tabla 15), por lo que esta propiedad física no presenta diferencia significativa. (Figura 21).

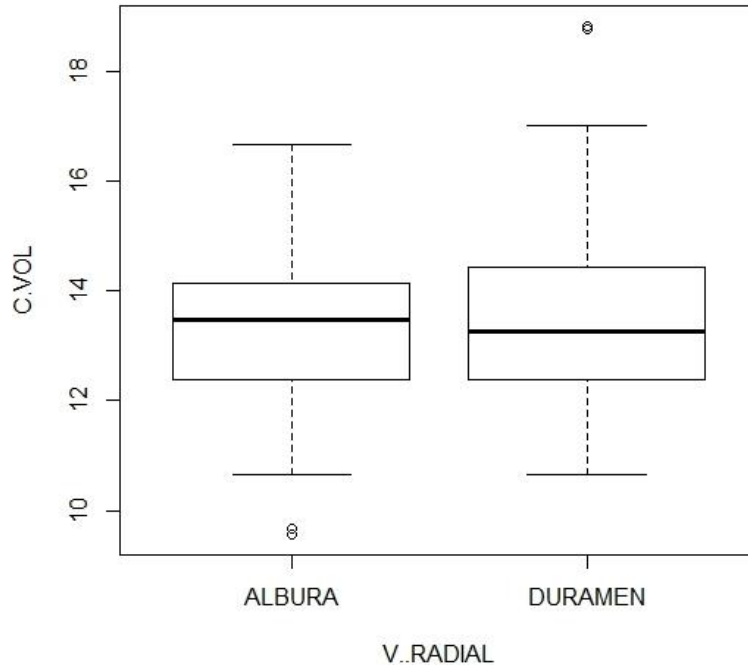


Figura 21: Variación Transversal de la Contracción Volumétrica de la especie *D. guianense*.

Se muestra, que la contracción longitudinal promedio para la especie *D. guianense*, en el presente estudio fue de $13,37 \% \pm 1,52$ (Tabla 15). Este resultado comparado con otras investigaciones de la misma especie, son distintos a los determinados por Tamarit & Fuentes (2003), Vignote (2014) con un valor de 16,14%, para la contracción volumétrica; Fuentes (1998) encontró la contracción volumétrica de 16,41% e Miainieri, (1989); WWF, 2012, reportaron la contracción volumétrica de 17,7%. Con los resultados obtenidos y en comparación con otras investigaciones la contracción volumétrica promedio es de 13,37 % este valor es más bajo, esto tecnológicamente hablando es bueno porque nos dice que es más estable en función al volumen, que los demás estudios, sin embargo Arechaga (2009), en el estudio en Ucayali de las propiedades físicas en diferentes niveles de altura del fuste y rama de *Guatteria hyposericea* Diels, encontró que la contracción volumétrica es mayor en la rama, seguido por el medio, ápice y finalmente fue menor

en la rama, estos resultados coinciden con el resultado obtenido en el presente trabajo.

3.9 Índice de Estabilidad (T/R)

De la variación longitudinal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que el índice de estabilidad en las tres posiciones longitudinales (ápice, centro y base) son estadísticamente iguales, mientras que en la posición de la rama en comparación con las otras posiciones longitudinales es estadísticamente diferente. (Figura 22).

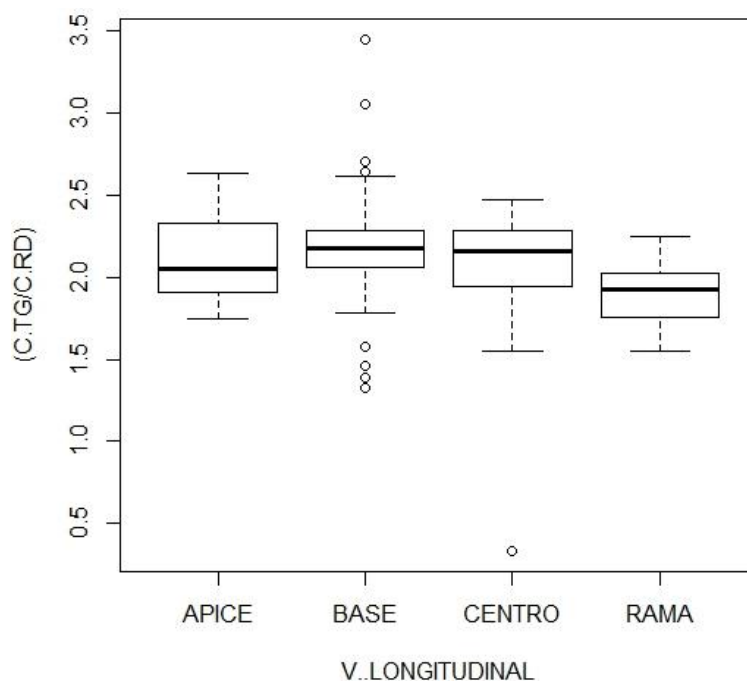


Figura 22: Variación Longitudinal del Índice de Estabilidad de la especie *D. guianense*.

De la variación transversal, de la especie *D. guianense*, se puede afirmar que el índice de estabilidad de la posición de la albura ($2,14 \pm 0,29$) y el duramen ($1,99 \pm 0,34$) son estadísticamente diferentes (Tabla 15), donde la posición del duramen es estable y de mejor comportamiento al secado. (Figura 23).

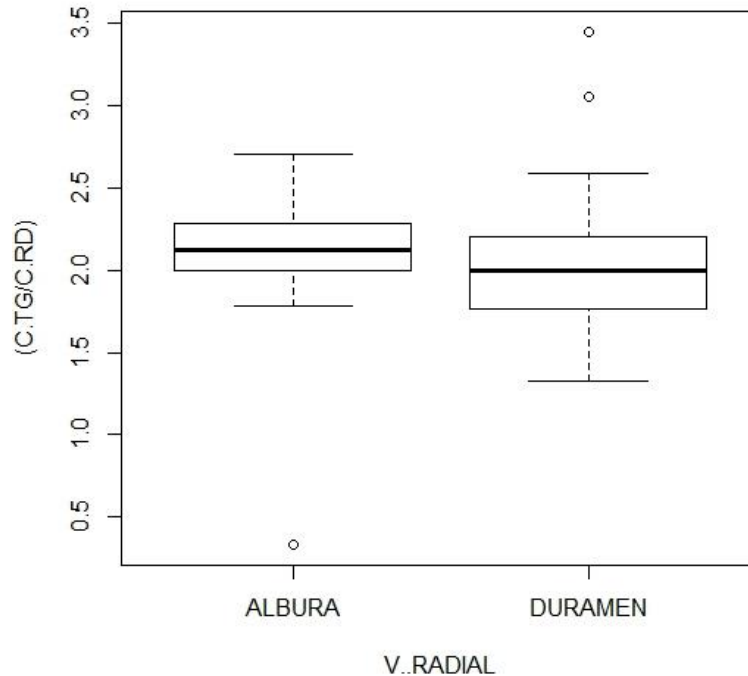


Figura 23: Variación Transversal del Índice de Estabilidad de la especie *D. guianense*.

El índice de estabilidad promedio para la especie *D. guianense*, en el presente estudio fue de $2,06 \pm 0,32$ (Tabla 15). Este resultado comparado con otras investigaciones de la misma especie, son un poco distintos a los reportados por Fuentes, (1998); Vignote, (2014), que encontraron el índice de estabilidad de 1,35, Rocha, (2014); WWF, (2012), muestran el índice de estabilidad de 1,82. Con este índice de estabilidad de 2,06 es clasificado como estable, lo que indica que es una madera moderadamente estable y de regular comportamiento al secado.

3.10. Usos

De los resultados analizados, de las propiedades físicas de la madera de *D. guianense* y por ser muy pesada y de elevada resistencia, puede ser utilizado en: Construcción civil y marinas, durmientes de ferrocarril, postes, estructura para puentes, mango de herramientas e implementos agrícolas, pisos industriales con alto tráfico, parquet, chapas decorativas, escaleras y aditamentos para carretas o carruajes.

Otro punto importante es los resultados de las propiedades físicas de las ramas de la madera de *D. guianense*, donde presenta una densidad básica de 0,76 gr/cm³, que se clasifica como madera de densidad básica muy alta, con esta información y las otras propiedades físicas se puede aprovechar las ramas de esta madera con un conocimiento técnico y científico.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación se puede concluir que:

- El contenido de humedad en función a la variación longitudinal de la madera de *D. guianense*, es mayor en la rama (60,20%) y menor en la base (55,58%), y en función a la variación transversal de la madera de *D. guianense*, se encontró que la albura presenta menor contenido de humedad comparado con el duramen, siendo estas dos posiciones estadísticamente diferentes.

El contenido de humedad promedio para la especie *D. guianense*, fue de 57,34 %.

- La densidad básica, densidad anhidra en función a la variación longitudinal de la madera de *D. guianense*, muestra que la posición de la rama presento menor densidad básica y la posición de la base presento mayor densidad básica, mientras que la densidad normal se pudo encontrar que son estadísticamente iguales las cuatro posiciones longitudinales.

Sobre la densidad básica, densidad normal y densidad anhidra en función a la variación transversal de la madera de *D. guianense*, se encontró que la albura presenta menor densidad básica, normal y anhidra comparado con el duramen, siendo estas dos posiciones estadísticamente diferentes.

La densidad básica promedio para la especie *D. guianense*, fue de 0,78 gr cm³, clasificándola como densidad básica muy alta.

La densidad normal promedio para la especie *D. guianense*, fue de 1,23 gr/cm³.

La densidad anhidra promedio para la especie *D. guianense*, fue de 0,90 gr/cm³.

- La contracción radial, contracción tangencial y contracción volumétrica en función a la variación longitudinal de la madera de *D. guianense*, se pudo encontrar que son estadísticamente iguales las cuatro posiciones longitudinales, sin embargo en la contracción longitudinal se encontró que la rama presenta mayor contracción longitudinal y la base menor contracción longitudinal.

Sobre la contracción radial, contracción tangencial y contracción volumétrica en función a la variación transversal de la madera de *D. guianense*, se encontró que la albura presenta menor contracción volumétrica comparado con el duramen, siendo estas dos posiciones estadísticamente diferentes, sin embargo en la contracción longitudinal se encontró que la albura presenta mayor contracción longitudinal que el duramen.

La contracción radial promedio para la especie *D. guianense*, fue de 4,88%.

La contracción tangencial promedio para la especie *D. guianense*, fue de 9,80%.

La contracción longitudinal promedio para la especie *D. guianense*, fue de 0,27%.

La contracción volumétrica promedio para la especie *D. guianense*, fue de 13,37%.

El índice de estabilidad en función a la variación longitudinal de la madera de *D. guianense*, se pudo encontrar que son estadísticamente iguales las posiciones longitudinales (ápice, centro y base); mientras que en la posición de la rama en comparación con las otras posiciones longitudinales es estadísticamente diferente. Sobre el índice de estabilidad en función a la variación transversal de la madera de *D. guianense*, se encontró que la albura presenta mayor índice de estabilidad comparado con el duramen, siendo estas dos posiciones estadísticamente diferentes. La posición del duramen es estable y de mejor comportamiento al secado.

El índice de estabilidad promedio para la especie *D. guianense*, fue de 2,06.

- La especie *D. guianense*, en función a las propiedades físicas analizadas, puede ser utilizada en: Construcción civil y marinas, durmientes de ferrocarril, postes, estructura para puentes, mango de herramientas e implementos agrícolas, pisos industriales con alto tráfico, parquet, chapas decorativas, escaleras y aditamentos para carretas o carruajes.

RECOMENDACIONES

Con los resultados encontrados en la presente investigación se realiza las siguientes recomendaciones:

1. Realizar un estudio de anatomía en las posiciones longitudinales y transversales estudiadas, para entender mejor los resultados.
2. Realizar los estudios tecnológicos complementarios como propiedades mecánicas, química, secado, preservado y estudio de Dendrocronología, que ayuden a fortalecer el uso para la especie.
3. Investigar la densidad poblacional de la especie, en los bosques de Madre de Dios.
4. Conocer la fenología, silvicultura y demás informaciones para el manejo forestal.
5. Realizar en función a los usos encontrados, los productos finales, para realizar la promoción de la especie.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arechaga Tangoa, H. (2009). Determinación de las propiedades físicas en el fuste y ramas de la especie carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) en Tingo María.
2. Aróstegui, A. (1974). Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del país. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru.
3. Aróstegui, A., Sato, A., Gonzales, V., Valenzuela, W., & Lao, R. (1975). Características Tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque Nacional Alexander Von Humboldt. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Investigación. Lima, Perú.
4. Arostegui Vargas, A. (1982). Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Documento de trabajo; 2.
5. Arroyo, J. (1983). Propiedades físico-mecánicas de la madera. Mérida, VE, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales.
6. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Instituto Forestal de Oxford (OFI), (2014). "Libro arboles de Centroamérica".
7. Chavesta, C. (2005). Maderas para Pisos. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 176 p.
8. Chavesta, C. (2006). Separata de Capacitación Sobre Identificación de maderas. Universidad Nacional Agraria La Molina, USAID, Lima, Perú.
9. Datta, S. K., & Kumar, A. (1987). Histochemical studies of the transition from sapwood to heartwood in *Tectona grandis*. *IAWA Journal*, 8(4), 363-368.
10. Diaz-vaz, J.E. (2003). Anatomía de Maderas. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia. Chile. 150 p.
11. García, R., & Moya, R. (1998). El aserrío de *dialium guianense* (Aubl) Sandwith en Costa Rica. *Madera y Bosques*, 4(1).
12. INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (INRENA). Mapificación y Evaluación Forestal del Bosque de Producción Permanente del Departamento de Madre de Dios. Documento de Trabajo. Lima, Perú, 2003. 59 p.
13. Haygreen, J. G., & Bowyer, J. L. (1998). Forest products and wood science: An introduction. *Forestry*, 71(1), 79-80.

14. Fuentes, M. (1998). Propiedades tecnologicas de las maderas Mexicanas de importancia en la construccion. Universidad Autonoma Chapingo, Chapingo (Mexico).
15. Hurtado, D. (1990) "Propiedades Físicas de Caesalpineia tintoria H:B:K., Mantaro", Huancayo – PE. 66 pgs.
16. Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC), (1989). Manual del grupo andino para el secado de maderas. Junta del acuerdo de cartagena. 1ra edición. Editorial Carbajal S. A. Colombia. 52 p.
17. Kollman, F. (1957). Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Tomo I - Traducción de la 2da edición. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones. Experiencias y Servicios de la Madera. Madrid . 647 p.
18. Kollman, F. (1984). Principles of wood science and technology. Volume I: Solid wood. US. 592p.
19. Leon, H., Espinoza de Pernia, N. (2001). "Anatomía de la madera Universidad de los Andes .Talleres gráficos Universitarios .Mérida-Venezuela.397 p.
20. Mainieri, C., & Chimelo, J. P. (1989). Fichas de características das madeiras brasileiras. Sao Paulo.: Instituto de Pesquisas Tecnologicas (IPT).
21. Mora, J.(1983). Propiedades físicas mecánicas de la madera, Universidad los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida. 50p.
22. NORMA TECNICA PERUANA (NTP), 1980 Maderas. "Selección y colección de muestras". Norma NTP 251.008, Lima – PE, 11 pg.
23. NORMA TECNICA PERUANA (NTP), 1971 Maderas. "Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos". Norma NTP 251.009, Lima – PE, 10 pg.
24. NORMA TECNICA PERUANA (NTP), 1971 Maderas. "Método de determinación de contenido de humedad". Norma NTP 251.010, Lima – PE, 2 pg.
25. NORMA TECNICA PERUANA (NTP), 1971 Maderas. "Método de determinación de la densidad". Norma NTP 251.011, Lima – PE, 7 pg.
26. NORMA TECNICA PERUANA (NTP), 1971 Maderas. "Método de determinación de la contracción". Norma NTP 251.012, Lima – PE, 6 pg.

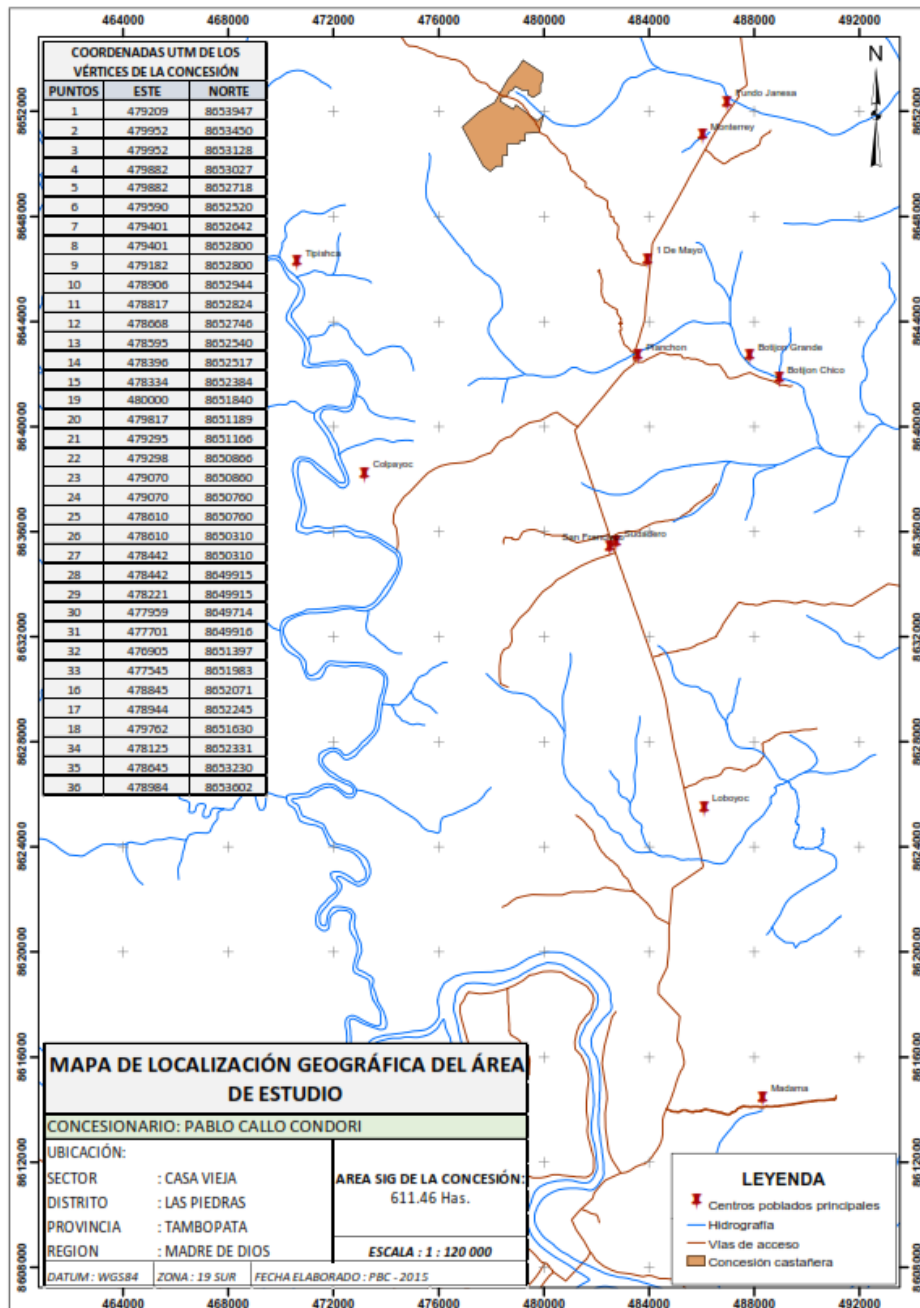
27. Panshin, A., C, De Zeeuw.(1980). "Text book of Wood technology McGraw-Hill series in forest resources". McGraw, Hill book Company. New York.
28. Portal Cahuana, L. A., Rosales Solórzano, E. R., Acevedo Mallque, M., & Chavesta Custodio, M. (2008). Propiedades físico-mecánico y características anatómicas de la especie *Crepidospermum goudotianum* triana & planch-proveniente del Tahuamanu-Madre de Dios.
29. Quispe Gómez, I., Rosales Solórzano, E. R., & Portal Cahuana, L. A. (2011). Análisis comparativo de las propiedades físicas de la madera de tetragastris altísima (Aubl.) Swartz de dos tipos de bosque del distrito las Piedras-Madre de Dios.
30. Reyes, G., Brown, S., Chapman, J., & Lugo, A. (1992). Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88. New Orleans, LA: US Dept of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 p., 88.
31. Rocha, L., Pereira, S., Guimaraes, K., Valporto, M., Viegas, V. (2014). Madeiras tropicais quanto à densidade e cor para uso em pavimentação Tropical wood for density and color to use in paving.
32. Santini Junior, L. (2013). Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no estado de São Paulo-Programas São Paulo Amigo da Amazônia e Cadmadeira (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
33. Silva, J. A. (2008). Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. Coordinación, Educación y Desarrollo Tecnológico. CONAFOR. 62p.
34. Solórzano Gutiérrez, J. F., Albarracín, M., & Mogollon, S. (2016). Potencialidad de Uso de la Madera de 15 Especies Forestales, Procedentes de la Uof Yarí-Caguán, Departamento de Caquetá.
35. Tamarit, J. & Fuentes, M. (2003). Parámetros de humedad de 63 maderas latifoliadas mexicanas en función de su densidad básica. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 9(2).

36. Toledo, G. P., & Rincón, C. (1996). Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú.
37. Tuset R, F Durán (1986) Manual de la Madera Comercial, Equipos y Procesos de Utilización. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay: 688 p.
38. Ulibarri, E. A. (2008). Los géneros de Caesalpinioideae (Leguminosae) presentes en Sudamérica. Darwiniana, nueva serie, 46(1), 69-163.
39. Vega Vizcarra, N. A. (2010). Evaluación de las propiedades físico mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) procedente de plantaciones de 20 años del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt Ucayali (Perú).
40. Veintemilla, M., Darling, W., Rosales Solórzano, E. R., Portal Cahuana, L. A., & Chavesta Custodia, M. (2014). Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de las especies *erisma uncinatum* warm y *dacryodes peruviana* (loes.) hj lam proveniente de la provincia de Tambopata-Madre de Dios.
41. Vignote, P. (2014). Principales maderas tropicales utilizadas en España. Mundi prensa libros.
42. Villa Zegarra, B. E. (2009). Propiedades físico mecánicas de la especie *Cedrelinga cateniformis* Ducke provenientes de plantaciones instaladas en la estación experimental Alexander Von Humboldt.
43. World Wildlife, Fund, (WWF) (2012). Catálogo de especies forestales de Panamá.
44. Zobel, B. (1964). Mejora genética de las propiedades de la madera de especies forestales. *Unasyuva* 64: 89-103 p.

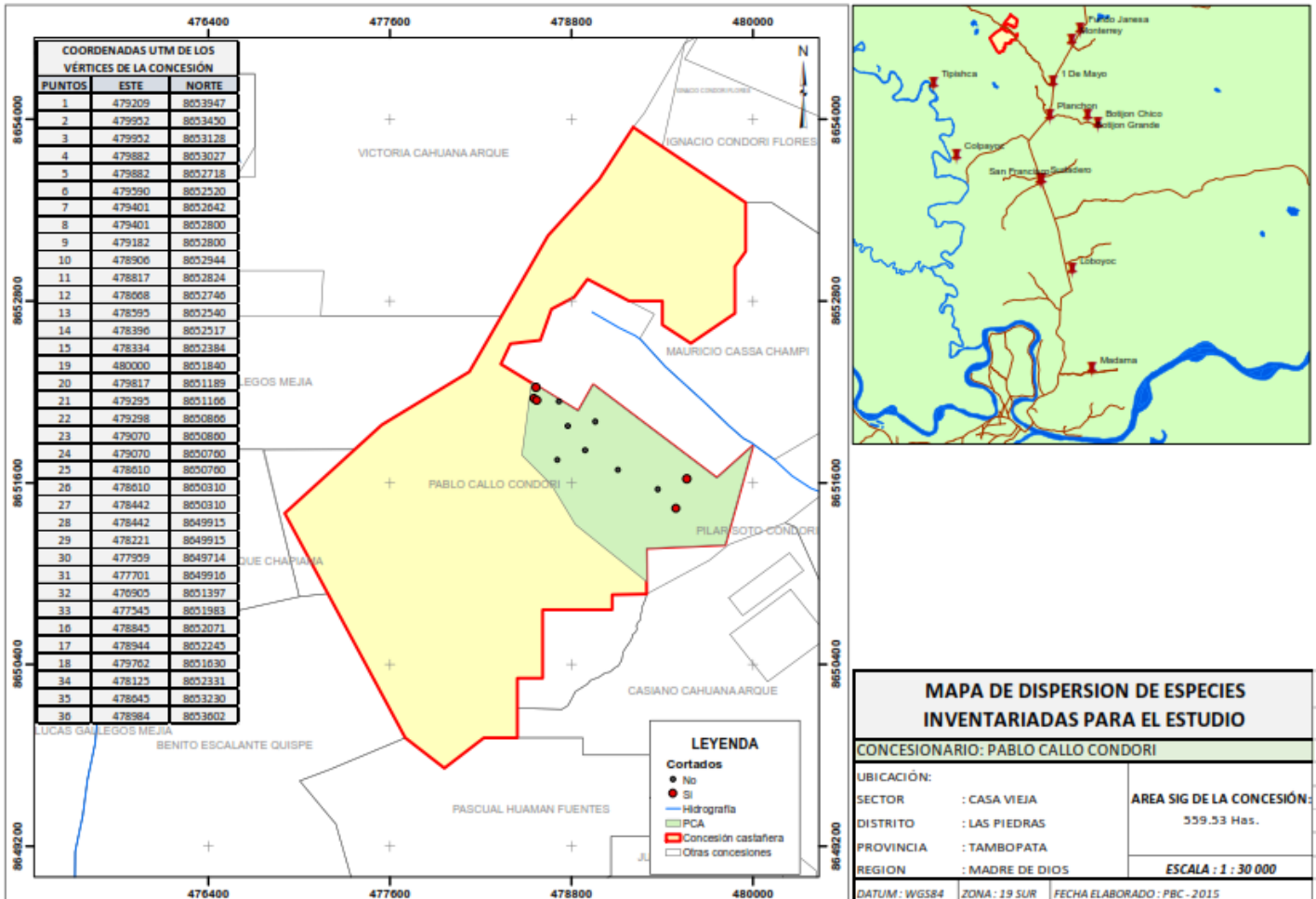
ANEXOS

ANEXO I. MAPAS

1.1. Mapa de Ubicación



1.2. Mapa de Dispersión



ANEXO II. Galería Fotográfica

2.1. Fotos Campo y Carpintería



Foto 01: Árbol *D. guianense*



Foto 02: tomando coordenadas UTM.



Foto 03: Código del Árbol *D. guianense*.



Foto 04: Midiendo el Dap (m) del Árbol *D. guianense*.



Foto 05: Codificando Árboles de *D. guianense*.



Foto 06: Inventario de Árboles *D. guianense*.



Foto 07: Tumbado del Árbol seleccionado de *D. guianense*.



Foto 08: Midiendo el 1.30 m del árbol tumbado de *D. guianense*.



Foto 08: Midiendo el 1.30 m del árbol tumbado de *D. guianense*.



Foto 08: Midiendo el 1.30 m del árbol tumbado de *D. guianense*.



Foto 09: Selección de viguetas.



Foto 10: Obtencion de Viguetas, con su codificación..

2.2. Fotos Laboratorio



Foto 11: Colocando la probeta a la balanza.



Foto 12: Toma de datos del peso de la probeta.



Foto 13: Toma de datos del volumen de la probeta.



Foto 14: Acomodando la probeta, para tomar datos del volumen.



Foto 15: Sacando las probetas de la estufa al desecador.



Foto 16: Colocando a la estufa las probetas.

ANEXO III: Constancia de Identificación de Especímenes vegetales



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS
Centro Investigación Herbario Alwyn Gentry



"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"
Año del Buen Servicio al Ciudadano

CONSTANCIA N° 11

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

HACE CONSTAR:

Que las muestras botánicas han sido presentadas por la tesista. **Pamela Bravo Cámara** del proyecto de tesis titulado "Análisis Comparativo de las propiedades Físicas de la Madera de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (Tamarindo), en el Sentido Longitudinal y Transversal de Cuatro Porciones del Árbol y sus probable Usos, Las Piedras – Tambopata"

Los ejemplares han sido entregado al centro de investigación del herbario constan de 05 especímenes de la Concesión Castañera del sector Casa Vieja. 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, 26 de Junio de 2017

Atentamente



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MDD.
Centro de Invest. Herbario Alwyn Gentry

Ing. Sufer Baz Quispe
CURADOR BOTÁNICO

Cc.
Archivo
SMBQ/CIHAG
Sec. —

Ciudad Universitaria – Puerto Maldonado – Madre de Dios
Av. Jorge Chavez N° 1160

ANEXO IV. FORMATOS

4.1. FORMATO CAMPO

FORMATO N° 01: FORMATO DE CAMPO								
N°	COD DE Arboles	Especie	DATOS DASOMETRICOS			Coordenadas		Observaciones
			Dap(m)	HT (m)	HC (m)	X_COORD	X_COORD	

4.2. FORMATO DE MEDIDA INICIAL

FORMATO N° 02: MEDIDA INICIAL					
PROBETA	PESO	RADIAL	TANGENCIAL	LONGITUDINAL	VOLUMEN
1FAA1					
1FAA2					
1FAA3					
1FAA4					
1FAD1					
1FAD2					
1FAD3					
1FAD4					
1FCA1					
1FCA2					
1FCA3					
1FCA4					
1FCD1					
1FCD2					
1FCD3					
1FCD4					
1FBA1					
1FBA2					
1FBA3					
1FBA4					
1FBD1					
1FBD2					
1FBD3					
1FBD4					
1RA1					
1RA2					
1RA3					
1RA4					
1RD1					
1RD2					
1RD3					
1RD4					

4.3. FORMATO DE MEDIDA FINAL

FORMATO N° 02: MEDIDA FINAL					
PROBETA	PESO	RADIAL	TANGENCIAL	LONGITUDINAL	VOLUMEN
1FAA1					
1FAA2					
1FAA3					
1FAA4					
1FAD1					
1FAD2					
1FAD3					
1FAD4					
1FCA1					
1FCA2					
1FCA3					
1FCA4					
1FCD1					
1FCD2					
1FCD3					
1FCD4					
1FBA1					
1FBA2					
1FBA3					
1FBA4					
1FBD1					
1FBD2					
1FBD3					
1FBD4					
1RA1					
1RA2					
1RA3					
1RA4					
1RD1					
1RD2					
1RD3					
1RD4					

4.4. FORMATO DETERMINACION DE PESO

FORMATO N° 03 : DETERMINACION DE PESO									
PROBETA	21-nov	PROBETA	21-nov	PROBETA	21-nov	PROBETA	21-nov	PROBETA	21-nov
1FAA1		2FAA1		3FAA1		4FAA1		5FAA1	
1FAA2		2FAA2		3FAA2		4FAA2		5FAA2	
1FAA3		2FAA3		3FAA3		4FAA3		5FAA3	
1FAA4		2FAA4		3FAA4		4FAA4		5FAA4	
1FAD1		2FAD1		3FAD1		4FAD1		5FAD1	
1FAD2		2FAD2		3FAD2		4FAD2		5FAD2	
1FAD3		2FAD3		3FAD3		4FAD3		5FAD3	
1FAD4		2FAD4		3FAD4		4FAD4		5FAD4	
1FCA1		2FCA1		3FCA1		4FCA1		5FCA1	
1FCA2		2FCA2		3FCA2		4FCA2		5FCA2	
1FCA3		2FCA3		3FCA3		4FCA3		5FCA3	
1FCA4		2FCA4		3FCA4		4FCA4		5FCA4	
1FCD1		2FCD1		3FCD1		4FCD1		5FCD1	
1FCD2		2FCD2		3FCD2		4FCD2		5FCD2	
1FCD3		2FCD3		3FCD3		4FCD3		5FCD3	
1FCD4		2FCD4		3FCD4		4FCD4		5FCD4	
1FBA1		2FBA1		3FBA1		4FBA1		5FBA1	
1FBA2		2FBA2		3FBA2		4FBA2		5FBA2	
1FBA3		2FBA3		3FBA3		4FBA3		5FBA3	
1FBA4		2FBA4		3FBA4		4FBA4		5FBA4	
1FBD1		2FBD1		3FBD1		4FBD1		5FBD1	
1FBD2		2FBD2		3FBD2		4FBD2		5FBD2	
1FBD3		2FBD3		3FBD3		4FBD3		5FBD3	
1FBD4		2FBD4		3FBD4		4FBD4		5FBD4	
1RA1		2RA1		3RA1		4RA1		5RA1	
1RA2		2RA2		3RA2		4RA2		5RA2	
1RA3		2RA3		3RA3		4RA3		5RA3	
1RA4		2RA4		3RA4		4RA4		5RA4	
1RD1		2RD1		3RD1		4RD1		5RD1	
1RD2		2RD2		3RD2		4RD2		5RD2	
1RD3		2RD3		3RD3		4RD3		5RD3	
1RD4		2RD4		3RD4		4RD4		5RD4	