UNIVERSIDAD NACIONALINTERCULTURAL DE LA AMAZONIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

INGENIERIA AGROFORESTAL ACUICOLA



Evaluación de las propiedades físicas de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (Hualaja) a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste, provenientes de la zona de Tournavista – Huánuco.

Tesis para optar el título de
Ingeniero Agroforestal Acuícola

QUISPE ESCOBAR, Arthur Gustavo Yuri

YARINACOCHA – PERÚ

2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Miguel Quispe y Juana Escobar a mis hermanos familiares y amigos que día a día me dan el aliento suficiente para seguir adelante y sobre todo a Dios por la vida y la salud que me da.

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres y familiares por apoyarme todos estos años de estudios y que ahora rinden frutos.

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales, por la formación académica recibido durante todos estos años.

Al Ing.Ms Robert Pecho de la Cruz, Asesor de esta tesis y al Ing. David Lluncor Mendoza Co-Asesor, por su amistad, confianza y dedicación en el proceso de la realización de la tesis.

A la Universidad Nacional de Ucayali; Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, área de carpintería, por el apoyo brindado.

A los ingenieros miembros del Jurado de tesis: José Sánchez Choy, Pablo Pedro Villegas Panduro y Andrés Castillo Quiliano por su desinteresado apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

A mis amigos y colegas que con su apoyo y ánimo incondicional, me alentaron en el cumplimiento de mis metas.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
RESUMEN…….....	10
ABSTRACT…….……	11
I. INTRODUCCION…….……	12
1.1. Objetivos……..……	13
Objetivos generales……..……...	13
Objetivos específicos……	13
II. REVISION DE LITERATURA…….……	14
2.1. Antecedentes de la investigación…….……	14
2.1.1. Propiedades físicas……..	14
2.2. Bases teóricas……..……	16
2.2.1. Descripción general de la especie…….……	16
a) Taxonomía…….	16
b) Nombres comunes……...	17
c) Distribución geográfica……..……..	17
d) Descripción botánica……..…….…	17
2.2.2. Generalidades sobre las propiedades de la madera……..……...	17
2.2.3. Propiedades físicas de la madera……..	18
2.2.4. Métodos de determinación de las propiedades físicas…….….....	23
2.2.5. Definición de términos básicos…….……..	24
2.3. Hipótesis…….….....	26
2.4. Variables……..…….…….…….….....	26
Variables independientes…….……..	26
Variables dependientes……..……..……..	26
III. **METODOS**…….....	27
3.1 Lugar de ejecución……..…….……..……..	27
3.2. Materia en estudio……	27
3.3. Tipo y nivel de investigación……...	28
3.4. Método de la investigación……..	28
3.5. Diseño de la investigación……..……....	34
3.6. Población y muestra……..…….	35
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos…….……..…..	35
IV. **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**…...…….……..….	37
4.1. Determinación del contenido de humedad en condiciones húmedas y seca al aire de *Zanthoxylum riedelianum* Engl…….....…….	37
4.2. Determinación de las densidades: saturada, anhidra y básica de	41

Zanthoxylum riedelianum Engl……..…..…
4.3. Determinación de las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de *Zanthoxylum riedelianum* Engl…..…..… 50
4.4. Propiedades físicas generales en promedio, de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja)……..…..……..…… 59
V. CONCLUCIONES……..……..……..….…….. 60
VI. RECOMENDACIONES…….……... 61
VII. BIBLIOGRÁFIA…….……...… 62
VIII. ANEXOS……..…….…… 66
ICONOGRAFÍA……..…….…… 76

INDICE DE CUADROS

			Pág.
Cuadro 01	:	Clasificación de la madera según la densidad básica…….	20
Cuadro 02	:	Clasificación de la madera según la contracción volumétrica…...	22
Cuadro 03	:	Clasificación de la madera según la relación de contracción tangencial y radial……..……..	23
Cuadro 04	:	Contenido de humedad saturada……..…….	37
Cuadro 05	:	Análisis de varianza del contenido de humedad saturada...……....	38
Cuadro 06	:	Prueba de Tukey con α = *0,05* para las secciones transversales del contenido de humedad saturada……...	39
Cuadro 07	:	Contenido de humedad seca al aire…….....	40
Cuadro 08	:	Análisis de varianza del contenido de humedad seca al aire….....	40
Cuadro 09	:	Prueba de Tukey con α = *0,05* para las secciones transversales del contenido de humedad seca al aire……..……	41
Cuadro 10	:	Valores promedios de la densidad saturada (Ds)…….	41
Cuadro 11	:	Análisis de varianza de la densidad saturada……..	42
Cuadro 12	:	Prueba de Tukey con α = *0,05* para los niveles del fuste de Ds…	43
Cuadro 13	:	Prueba de Tukey con α = *0,05* para las secciones transversales de Ds……	43
Cuadro 14	:	Valores promedios de la densidad anhidra (Da)..……..…	44
Cuadro 15	:	Análisis de varianza de la densidad anhidra……..……..	45
Cuadro 16	:	Prueba de Tukey con α = *0,05* para los niveles del fuste de Da.	45
Cuadro 17	:	Prueba de Tukey con α = *0,05* para las secciones transversales de la Da……...……...	46
Cuadro 18	:	Valores promedios de la densidad básica (Db)...…..…….	46
Cuadro 19	:	Análisis de varianza de la densidad básica……..……..	47
Cuadro 20	:	Prueba de Tukey con α = *0,05* para los niveles del fuste de Db...	48
Cuadro 21	:	Prueba de Tukey con α = *0,05* para las secciones transversales de Db……	48
Cuadro 22	:	Valores promedio de la contracción longitudinal…..……..…..	50
Cuadro 23	:	Análisis de varianza de la contracción longitudinal…….…….……	51
Cuadro 24	:	Valores promedio de la contracción radial…..……..…..	51
Cuadro 25	:	Análisis de varianza de la contracción radial…….....…	52
Cuadro 26	:	Valores promedio de la contracción tangencial……..…	52
Cuadro 27	:	Análisis de varianza de la contracción tangencial……..….	53
Cuadro 28	:	Prueba de Tukey para los niveles de la contracción tangencial….	53
Cuadro 29	:	Valores promedio de la contracción volumétrica……..……	54
Cuadro 30	:	Análisis de varianza de la contracción volumétrica…….	55
Cuadro 31	:	Prueba de Tukey para los niveles de la contracción volumétrica..	55

Cuadro 32 : Valores promedio de la relación tangencial/ radial……..…… 56
Cuadro 33 : Análisis de varianza de la relación tangencial / radial……. 57
Cuadro 34 : Prueba de Tukey para los niveles de la relación T/R…….. 57
Cuadro 35 : Propiedades físicas generales de la especie estudiada…….. 59

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 01: Método de obtención de la probetas……..…….... 29

Figura 02: Interacción de los niveles del fuste con las secciones transversales del contenido de humedad saturada……...……. 39

Figura 03: Determinación de las densidades saturada, anhidra y básica para los niveles del fuste ……. 49

Figura 04: Determinación de las densidades saturada, anhidra y básica para las secciones transversales……..… 49

Figura 05: Determinación de las contracciones (Lg, Rd, Tg, y Vol) para los niveles del fuste del árbol.…….……. 58

Figura 06: Determinación de las contracciones (Lg, Rd, Tg, y Vol) para las secciones transversales del fuste del árbol……... 58

ANEXOS

Pág.

Anexo 01: Certificado de acreditación de *Zanthoxylum riedelianum* Engl…..…….... 67

Anexo 02: Datos generales de la especie estudiada (*Zanthoxylum riedelianum* Engl)……..…….…… 68

Anexo 03: Plano de la ubicación de los árboles de *Zanthoxylum riedelianum* Engl.…… 69

Anexo 04: Datos de las evaluaciones realizadas a las probetas de *Zanthoxylum riedelianum* Engl……..……... 70

Anexo 05: Datos para el análisis de varianza para las diferentes variables en estudio…..... 73

Anexo 06: Ubicación de la especie estudiada…….…… 77

Anexo 07: Marcado de los arboles seleccionados…….……. 77

Anexo 08: Talado y obtención de las rodajas del árbol de la hualaja…….……. 78

Anexo 09: Identificación de la especie……. 78

Anexo 10: Obtención de las probetas……..….. 79

Anexo 11: Codificado de probetas de *Zanthoxylum riedelianum* Engl…….…..….... 79

Anexo 12: Secado al aire libre y a estufa de la probetas en evaluación de *Zanthoxylum riedelianum* Engl…….……... 80

Anexo 13: Evaluación de probetas en laboratorio de *Zanthoxylum riedelianum* Engl……...……...…… 80

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito de determinar las propiedades físicas de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja) en tres niveles del fuste (base, medio y ápice), a tres secciones transversales (interno, centro y externo) y a dos orientaciones cardinales (este y oeste); utilizándose para ello, cinco arboles de la misma especie de las cuales se obtuvo 90 muestras experimentales (probetas). Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SPS Statisticc versión 20, estableciendo para el análisis de los datos las variables con arreglo factorial de 3 niveles x 3 secciones transversales x 2 orientaciones cardinales x 5 repeticiones. Los resultados obtenidos para el contenido de humedad saturada fue de 80.46 % en promedio, en cuanto a los niveles del fuste el ápice presentó mayor valor (82.4 %); con respecto a las secciones transversales la interna presento mayor humedad (88.1%), también se observó que la orientación oeste fue mayor. Para las densidades fueron: saturada 0.85g/cm^3, anhidra y básica fue 0.47g/cm^3, clasificando a la especie como densidad media. Con respecto a las orientaciones cardinales no se observó altas diferencias. Las contracciones en promedio fueron: radial 4.48%; tangencial fue de 7.91%, longitudinal 0.29%, volumétrica 11.12% y relación T/R 1.79%. Por todo ello se puede manifestar que la especie estudiada *Zanthoxylum riedelianum* Engl, es una madera con densidad media y estable a los cambios dimensionales lo que facilitaría su trabajabilidad, para el secado de esta especie se tiene que aplicar diferentes programas de secado según nivel de fuste debido a la base que presenta mayor contenido de humedad con respecto al nivel medio y ápice.

ABSTRAC

This research was aimed to determine the physical properties of *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja) at three levels of the shaft (base, middle and apex), three cross sections (inner, middle and outer) and two orientations cardinal (this and west); used for this purpose, five trees of the same species of which 90 experimental samples (samples) was obtained. This research was conducted at the Laboratory of Wood Anatomy of the National Intercultural University of the Amazon, Faculty of Engineering and Environmental Sciences. For statistical analysis of the data the SPS Statisticc version 20 program was used, establishing for the analysis of data variables factorial arrangement of 3 levels x 3 x 2 cross sections cardinal directions x 5 replications. The results obtained for the saturated moisture content of 80.46% was on average in terms of levels of stem apex showed higher value (82.4%); with respect to the internal cross sections I present higher humidity (88.1%), it was also observed that was greater west facing. For densities were: It saturated 0.85g / cm3, was 0.47g anhydrous basic / cm3, the species classified as medium density. With respect to the cardinal orientations high differences were observed. Contractions were averaged: radial 4.48%; Tangential was 7.91%, 0.29% longitudinal, volume 11.12% and T / R 1.79%. Therefore we can say that the test species *Zanthoxylum riedelianum* Engl, is a wood with medium and stable to dimensional changes which would facilitate its workability, for drying of this species density has to apply different drying programs according to level of shaft due to the base having higher moisture content relative to middle and apex.

I. INTRODUCCION

El incremento de la tala excesiva de árboles forestales tradicionales en nuestra Amazonía, está generando la escasez de estas especies; por ello en la actualidad se están buscando especies forestales de rápido crecimiento, con la finalidad de aprovechar en menor tiempo y a un menor costo, una de la opciones son los bosques secundarios donde encontramos especies de rápido crecimiento como la hualaja (*Zanthoxylum riedelianum*). Asimismo, la madera durante su vida útil sufre cambios dimensionales como respuesta a las variaciones de contenido de humedad que se registran en su interior. Para el caso de la industria forestal, las propiedades físicas de la madera tienen un rol muy importante, puesto que sus variables se relacionan íntimamente con el proceso, tal como, la densidad, contenido de humedad, etc., quienes influyen en el comportamiento de la madera (ANANIAS, 1992). En nuestro país, específicamente en la región Amazónica, los trabajos de investigación sobre las propiedades físicas de la madera son muy generales, razón por la cual es necesario estudiarla, debido a que esta información es muy importante dentro de la industria forestal, para facilitar la labor en el proceso de transformación y poder dar un uso adecuado. La hualaja (*Zanthoxylum riedelianum* Engl.) es una especie de rápido crecimiento y de fácil trabajabilidad, sin embargo, presenta limitada información con respecto a sus propiedades físicas y mecánicas, es decir presentan pocos estudios que permitan predecir los posteriores usos que se le podrían atribuir a esta especie, tal es así, que el desconocimiento de estas propiedades en los diferentes niveles de altura del fuste está limitando el adecuado aprovechamiento en la industria forestal. La importancia del presente trabajo, radica en conocer el comportamiento de las propiedades físicas de esta especie para darle un uso adecuado, debido a que esta viene siendo utilizada en machihembrado, parihuelas, cajonerías, etc. es por ello que se pretende conocer sus propiedades físicas.

1.1. Objetivos de la investigación

1.1.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas de la madera de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones cardinales del fuste del árbol provenientes de la zona de Tournavista – Huánuco.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad saturada y seca al aire de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja), a tres niveles, en tres secciones transversales y a dos orientaciones del fuste del árbol.
- Determinar las densidades: saturada, básica y anhidra seco al aire de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja), a tres niveles, en tres secciones transversales y a dos orientaciones del fuste del árbol.
- Determinar las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja), a tres niveles, en tres secciones transversales y a dos orientaciones del fuste del árbol.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Propiedades físicas.

MAE y FAO (2014), en el estudio realizado sobre las propiedades anatómicas físicas y mecánicas de 93 especies forestales en Quito Ecuador, entre ellos se encuentra *Zanthoxylum riedelianum* Engl, según los resultados encontrados para las propiedades físicas presento; densidades (saturada 1.07 g/cm^3, básica 0.34 g/cm^3, anhidra 0.38 g/cm^3) contracciones (radial 5.77%, tangencial 4.62%, longitudinal 0.35% y volumétrica 10.11%).

Vásquez (1984), en el estudio realizado con la finalidad de determinar la variación de las propiedades físicas de la madera de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) en Puerto Almendras. Encontró dos patrones de variación (p >0.01): la tendencia del peso específico básico a aumentar desde la médula hacia la corteza y la tendencia de la relación tangencial/radial (T/R), va aumentar en la sección transversal desde la médula hasta los tres cuartos de sección. La contracción volumétrica a lo largo del eje del árbol tiende a disminuir hacia la copa (p > 0.01), más notable a partir de 1/3 de altura. Y las posiciones radiales cercanas a la médula con las de albura y zona intermedia; así como el nivel base con el nivel cercano a la copa. La madera del nivel superior y la posición radial de madera, de la zona intermedia hacia la corteza, en marupá presentan mayor densidad y son más estables, por lo tanto de mayor calidad.

Arostegui *et al* (1986), realizó la determinación de las propiedades tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque nacional Alexander Von Humboldt, dentro de ellos la hualaja encontrando el contenido de humedad: 76%, densidad básica: 0.47 g/cm3, contracción radial: 4.29%, contracción tangencial: 7.98%, relación R/T: 1.96% y contracción volumétrica: 11.45%.

Gallo (2009), buscando determinar el contenido de humedad en los cortes radial y tangencial en relación a los tres niveles de fuste para capirona (*Calycophyllum spruceanum* Bentham). Encontró que esta especie presenta alta diferencias significativas para el contenido de humedad entre los árboles presentes en los niveles base, medio y ápice del fuste. El contenido de humedad es ascendente desde la parte basal hasta el ápice (tratamientos A y B), habiendo menor contenido de humedad en la parte basal (62.75 %

y61.54%), siguiéndole la parte media (65.25 % y 63.95%) y la parte del ápice (68.63% y 67.52%) respectivamente con mayor contenido de humedad.

Torres (2009), realizó una investigación en el cetico (*Cecropia sciadophylla* Mart.), con el objetivo de determinar el contenido de humedad, densidad básica y cambios dimensionales en la base, medio y ápice del fuste de dicha especie. Encontró diferencia significativa entre las densidades básicas de los árboles; los resultados obtenidos para el contenido promedio de humedad y la densidad básica fueron de 138.67% y 0.32 g/cm3, encontrándose diferencias significativas entre los niveles del fuste para la densidad básica, siendo el tercer nivel del fuste el que mayor densidad básica obtuvo; mientras que la contracción radial, tangencial, volumétrica y longitudinal en promedio presentaron el 2.71%, 8.29%, 10.17% y 0.28% respectivamente; sin embargo, no se encontraron variaciones en el fuste para las variables contracción volumétrica y tangencial.

Fachin (1986), realizó un estudio para determinar la variación de las propiedades físico mecánicas de la madera de *Parkia velutina* R. Benth, proveniente de los bosques de plantación de 12 años de edad del Centro de Investigación y Desarrollo de Jenaro Herrera (CID-JH), encontrando patrones de variación en el sentido longitudinal del fuste en las propiedades físicas y mecánicas, siendo altamente significativas. Las maderas de niveles inferiores presentan de mejor calidad, por presentar valores de densidad básica mayor y propiedades mecánicas altas. Asimismo, los resultados permitieron estimar a través de todo el fuste los siguientes usos generales: carpintería en general, envases livianos, cajonería, laminados, fabricación de cajas y palos de fósforo.

Igartúa y Monteoliva (2009), realizaron un trabajo de investigación con el objetivo de analizar las variaciones en la densidad básica de la madera de *Acacia melanoxylon* R.Br, según las alturas de muestreo en el fuste, los árboles y el sitio. La densidad de la madera sobre dos rodajas en cada una de cuatro alturas en el fuste (base, altura de pecho, 30 % y 50 % de la altura total). De acuerdo a la edad determinada, parte del material se reunió en dos grupos (26 - 32 años y 9 - 12 años) para los análisis de la varianza bajo modelos mixtos donde el árbol fue considerado como aleatorio. Asimismo, el árbol fue responsable del 74% de la variación aleatoria total. Dentro del fuste se describió un descenso significativo de la densidad entre la base y la altura del pecho, región a partir de la cual la densidad mantuvo su valor hacia el extremo

superior del fuste. Esta tendencia se manifestó en todos los sitios y agrupamientos por edades.

Omonte y Valenzuela (2011), determinaron la variación radial y longitudinal de la densidad básica de la madera, a lo largo del fuste, consideraron en árboles de una plantación de *Eucalyptus regnans* de 16 años, crecida en la Costa de la provincia de Arauco, Chile. Encontraron tres patrones de variación radial para la densidad básica a lo largo del fuste del árbol. En la dirección longitudinal la densidad básica disminuyó desde la base del fuste hasta la altura del 4.5% y luego aumentó linealmente hasta el 70% de la altura total del árbol. Las mejores alturas de muestreo para estimar la densidad promedio del fuste, fueron al 10 y al 20% de la altura total del árbol.

Silva (2005), realizó la investigación que tuvo como objetivo, la determinación de las características anatómicas a nivel macroscópico y microscópico, así como sus propiedades físicas y su variación de acuerdo aniveles, orientación y sección del fuste de la especie madero negro (*Tabebuia billbergii*). Encontró diferencias entre las características de los árboles de colina en comparación con los de terraza, en cuanto a su estructura anatómica, los elementos vasculares tanto su diámetro como longitud presenta una relación directamente proporcional, y fibras tienden a variar en los diferentes niveles del fuste y en sus propiedades físicas, presentó una densidad básica muy alta de 1.017 g/cm3, sobrepasando el límite de >0.75 g/cm3, como lo menciona Aróstegui (1984), todo esto se debe a las diferencias marcadas de ecosistemas.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Descripción general de la especie.

a. Taxonomía.

División :	Magnoliopphyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Sapindales
Familia:	Rutaceae
Sub familia:	Rutoideae
Tribu:	Zanthoxyleae
Género:	*Zanthoxylum*
Especie:	*Riedelianum* Engl

b. Nombres comunes

Hualaja (peru), tachuelo y limoncillo (Ecuador).

c. Distribución geográfica

Barber (1982), manifiesta que es un árbol nativo de la Costa y Amazonía, se distribuye de 0 a 500 msnm. Comprende aproximadamente 200 especies, distribuidas en los trópicos de América y Asia. La mayoría de las especies de *Zanthoxylum* son árboles maderables, comúnmente presentan aguijones en el tallo de origen flemático o del corcho.

d. Descripción botánica.

ITTO PD 37/88 (1991), indica que la hualaja es un árbol de tamaño medio de 20 a 25 metros de altura, fuste de 10 a 15 metros de forma irregular generalmente, el diámetro a la altura del pecho es de 35 a 75 cm.

Spichiger *et al* (1990), mencionan que las hojas son generalmente alternas, compuestas, limbo provisto de punteaduras translúcidas, Inflorescencias diversas. Flores masculinas, femeninas o unisexuales, generalmente actinomorfas, tetrámeras o pentámeras, a veces apétalas. Lobos calicinos más o menos soldados. Pétalos generalmente libres. Androceo isostémono, obdiplostémono o meristémono, pocas veces diplostémono; filamentos generalmente libres; a veces estaminodios presentes. Disco glandular intrastaminal. Gineceo compuesto de 4-5 (-n) carpelos, libres en la región ovárica y soldados a la altura de los estilos, o completamente soldados; estilos terminales o ginobásicos. Frutos: secos y esquizocárpicos, sámaras, hesperidios, bayas o drupas.

2.2.2. Generalidades sobre las propiedades de la madera.

Hoheisel (1981), manifiesta que la madera presenta grandes variaciones en sus propiedades físicas y mecánicas lo cual es notable la forma en que varían en los árboles de la misma especie, debido a los distintos sitios en que se desarrollan, aun en el mismo árbol por diferentes factores tales como: edad, diámetro, altura, contenido de humedad, diferenciación en las fibras y anillos de crecimiento.

Noakc, citado por Arostegui (1986), manifiesta en cuanto al nivel de precisión de los resultados para los fines prácticos de un estudio de orientación sobre las propiedades tecnológicas, es suficiente tener ± 15% de precisión del valor promedio. Para ello se necesitan solamente 5 árboles seleccionados al azar

Delgado (1981), la variación de las propiedades físicas y mecánicas en un árbol es de igual amplitud que la variación de las propiedades físicas y mecánicas entre diferentes árboles de la misma especie en un sitio determinado; los cuales esta variación deben tomarse muy en cuenta en la planificación de los ensayos.

Grigoriev (1985), manifiesta que son aquellas propiedades que pueden determinarse sin alterar la integridad de la muestra sometida a ensayo; es decir que pueden definirse mediante la inspección, la pesada, la medida y el secado. También permite explicar las causas correspondientes a la contracción, expansión de la madera y alta resistencia mecánica en relación a su densidad.

2.2.3. Propiedades físicas de la madera

a. Contenido de Humedad.

Ananías (1992), la presencia de agua en la madera es un hecho conocido, ya que ésta es indispensable para la vida de las plantas. Cuando el árbol es volteado, su madera conserva una cierta cantidad de agua que se localiza tanto en los lúmenes celulares como en la pared celular y en otros espacios que pueden presentarse en la madera. La cantidad de agua existente en la madera puede variar mucho según la especie (pino o eucalipto), el tipo de madera (albura o duramen) y la edad de la madera (madera juvenil o adulta).

Pérez (1983), mencionan que en un árbol recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate. Las maderas livianas por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas.

Gonzales (1996), menciona que la determinación del contenido de humedad en la madera se hace considerando solo los valores del agua libre y de saturación o higroscópica, de manera que en la práctica la madera se considera totalmente seca cuando alcanza un peso constante al secarla en horno a 103±2°C. Es

decir que comercialmente la madera estará seca o anhidra al 6% de humedad, que es el valor del agua de constitución química

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

Gonzáles (1996), como la madera es higroscópica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un período de tiempo, quedando el agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmosfera que rodea a la madera, hasta conseguir un equilibrio, donde la madera esta secado al aire.

Tuset (1989), indica que el contenido de humedad de una madera esta en relación con las condiciones ambientales del lugar y dentro de un mismo lugar, con las características del sitio en que la pieza será utilizada, especialmente si es colocada en el exterior de un edificio. El equilibrio higroscópico de una madera evidencia un estado sensible a los cambios ambientales, ya que el grado de humedad que la caracteriza en un momento dado, puede aumentar o disminuir, de acuerdo con las modificaciones de las condiciones de temperatura y humedad del aire. La determinación del equilibrio higroscópico de la madera tiene suma importancia para las industrias madereras y en el uso final de los productos elaborados. Como las condiciones ambientales de todos los sitios varían constantemente, ninguna madera se encuentra en equilibrio estable, sino que el contenido de humedad sigue las fluctuaciones que le condiciona el medio ambiente.

Pérez (1983), menciona que el contenido de humedad (CH) que es la masa de agua contenida en una pieza de madera, expresada como porcentaje de la masa de la pieza anhidra. El peso anhidro es el peso que se obtiene cuando se coloca la madera en una estufa a 100 ó 102ºC, hasta que se obtiene un peso constante.

b. Densidad Básica:

Aróstegui (1982), define a la densidad básica como la relación entre el peso seco al horno y su volumen verde, la misma que tiene gran influencia en las propiedades mecánicas como, por ejemplo, resistencia a la flexión, dureza y otras.

Padt – Refort/junac (1989), afirma que la densidad de la madera se define como la masa por unidad de volumen a un determinado contenido de humedad. Un aumento en el contenido de humedad trae como consecuencia un incremento de su masa en una proporción mayor que el incremento de su volumen y por tanto la densidad aumentara.

Padt – Refort/junac (1989), sostiene que para efectos de comparación de la densidad entre especies se han normalizado los siguientes valores, densidad anhidra que es la masa al 12% de contenido de humedad entre volumen al 12% de contenido de humedad; densidad en el punto de saturación de las fibras (PSF) que es masa al 30% de contenido de humedad.

Downes et al. (1997), indica que la densidad básica varía considerablemente entre especies, entre árboles y dentro de árboles individuales. Esta variación se debe tanto a factores propios de cada especie como a las interacciones con el medio ambiente; las características de la madera como: tipos de células, diámetros de lúmenes y espesor de las paredes celulares, así como el contenido de extraíbles, entre otras, también inciden en la variación de esta propiedad.

Padt – Refort/junac (1989), menciona que la densidad es la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. El peso de la madera es la suma del peso de la parte sólida más el peso del agua. El volumen de la madera es constante cuando está en el estado verde, disminuyendo cuando el contenido de humedad está por debajo al Punto de Saturación de las Fibras (PSF) hasta condición anhidra donde nuevamente se hace constante. En consecuencia distingue cuatro densidades para una misma muestra de madera:

- La densidad saturada, la relación que existe entre el peso verde y el volumen verde.
- La densidad seca al aire, la relación que existe entre el peso seco al aire y el volumen seco al aire.
- La densidad anhidra, la relación entre el peso seco al horno y el volumen seco al horno.
- La densidad básica, la relación entre el peso seco al horno y el volumen verde. Es la menor de las cuatro.

El mismo autor destaca la densidad básica como la que se usa con ventaja ya que las condiciones en las que se basa (peso seco al horno y volumen verde) son estables en una especie determinada.

Vizcarra (1998) dice que el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica (DB), debido a su importancia en el uso y a su relación con la resistencia mecánica.

Cuadro 01. Clasificación de la madera según la densidad básica

Grupo	Rango (g/cm3)	clasificación
I	Menos de 0.30	Muy baja (MB)
II	de 0.31 a 0.40	Baja (B)
III	de 0.41 a 0.60	Media (M)
IV	de 0.61 a 0.80	Alta (A)
V	Más de 0.81	Muy alta (MA)

Fuente: Vizcarra (1998).

Kollman (1957), afirma que debe considerarse como peso específico de la madera seca al aire al que corresponda al 12% de humedad. En estudios teóricos y por razones técnicas, debe utilizarse solo el peso específico aparente anhidro, por ser el único valor que es seguro e invariable.

Guzmán (1979), sostiene que la variación del peso específico se debe a diferencia en su estructura y a la presencia de constituyentes extraños. La estructura de la madera está caracterizada por la cantidad proporcional de células de varios tipos como fibras, vasos, radios, parénquima, conductos gomíferos y por las dimensiones, especialmente el espesor de las paredes celulares y la longitud de los elementos estructurales. Indica que las tendencias hereditarias y los factores ambientales como suelo, precipitación, viento, calor, entre otros, afectan a la estructura de la madera.

Pérez (1984), citado por soto (1982), agrega que la densidad sirve para caracterizar tecnológicamente la madera, pues está altamente relacionada con el espesor de las paredes celulares y por siguiente con la mayoría de sus propiedades físico-mecánicas.

c. Contracción y expansión de la madera:

Arostegui (1982), afirma que la contracción y expansión de la madera son los cambios dimensionales tanto en sentido radial, tangencial, longitudinal y en su volumen, cuando su estado de humedad varía 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. La relación contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera y cuando la relación entre ambas se acerca a la unidad, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Tuset (1989), manifiesta que a los efectos de la contracción e hinchamiento tiene importancia fundamental, solamente la humedad absorbida por las paredes celulares. Los límites generalmente aceptados en los cuales la madera contrae o hincha debido a la pérdida o ganancia de humedad, están ubicados entre 0% y el 30%. La contracción o hinchamiento de la madera normal en dirección tangencial o radial, deben ser tomados en cuenta en su utilización. Establece una relación entre contracción tangencial y la radial como una indicación del comportamiento de una madera respecto a su estabilidad dimensional.

Panshin and De Zeeuw (1980), indica que la estructura anatómica es la razón básica de la contracción e hinchamiento, principalmente a la estructura de la pared celular y en parte a la presencia de radios que dificultan la variación en el sentido radial. Dichas variaciones dimensiónales que normalmente ocurren son valores distintos en las diferentes direcciones de crecimiento del árbol siendo responsables de la formación de grietas, rajaduras y torceduras que dificultan la acción de encolamiento que representan un constante obstáculo al uso eficiente de la madera igualmente la variación dimensional es afectada por otros factores como la estructura anatómica, el contenido de extractivos composición química y tensiones de crecimiento entre otros.

León y Espinoza (2001), manifiestan que la contracción y expansión es para efectos prácticos una función lineal del contenido de humedad. La contracción y la expansión presentan valores diferentes en las tres direcciones de la madera. La contracción longitudinal (CL) es del orden del 0.1%. La contracción tangencial (CT) y la contracción radial (CR) son las principales responsables del cambio volumétrico.

Cuadro 02. Clasificación según la contracción volumétrica (CV)

Grupo	Rango (%)	clasificación
I	< de 9	Muy baja (MB)
II	9.1 - 11	Baja (B)
III	11.1 - 13	Media (M)
IV	13.1 - 15	Alta (A)
V	> 15.1	Muy alta (MA)

Fuente: Arostegui (1982)

Cuadro 03. Clasificación de la madera según la relación de contracción tangencial y radial.

Grupo	Rango (T/R)%	Clasificación	Estabilidad
I	Menor de 1.5	Muy baja (MB)	Muy estable (ME)
II	De 1.51 a 2.0	Baja (B)	Estable (E)
III	De 2.1 a 2.5	Media (M)	Mod. Estable (M)
IV	De 2.51 a 3.0	Alta (A)	Inestable (I)
V	mayor de 3.1	Muy alta (MA)	Muy inestable (MI)

Fuente: Arostegui (1982)

Ananías (1992), la limitada contracción longitudinal es debido a la orientación longitudinal de los principales tejidos constituyentes de la madera. Ciertos defectos que ocurren durante el secado de la madera son ocasionados por las diferencias de contracción tangencial y radial, particularmente el defecto denominado acanaladura. Mientras mayor es la relación T/R las maderas son más acanaladas. Igualmente la contracción longitudinal excesiva puede ocasionar los defectos denominados encorvadura y arqueadura.

2.2.4. Métodos de determinación de las propiedades físicas.

- Contenido de Humedad. La norma técnica peruana (NTP 251.010), define al contenido de humedad como la cantidad de agua presente en la madera referida su peso anhidro ó húmedo. Existen dos métodos para determinar el contenido de humedad (CH°) siendo el secado en estufa y el de extracción con disolventes, este último se utiliza exclusivamente para maderas con sustancias volátiles, mientras que el primero son para maderas que no presenta sustancias volátiles. Por ello se necesita obtener el peso húmedo y el anhidro, para luego mediante la ecuación correspondiente, determinar el contenido de humedad.

- Densidad (NTP 251.011), define que los métodos están en función al contenido de humedad de las muestras, siendo: densidad saturada, seca al aire y anhidra, cuyo proceso consiste en determinar el peso de la probeta y el volumen.

- Contracción (NTP 251.012), debe tomarse una orientación de las probetas en el plano del corte radial y tangencial, con el eje longitudinal paralelo a la dirección de las fibras, para luego tomar mediciones en ambos planos en condición húmeda y seca al horno. La contracción se determina en las tres dimensiones (tg, rd y lg) y volumétrica.

2.2.5. Definición de términos básicos.

- Contracción volumétrica: Expresada en %. Es la variación de la dimensión de una pieza de madera en volumen, entre el estado verde y el estado anhidro, debido a las contracciones radiales y tangenciales, refiriéndose esta contracción a las dimensiones en estado verde.
- Contracción tangencial: Expresada en %. Es la variación de la dimensión de una pieza de la madera, en sentido perpendicular a los radios de la madera, entre el estado verde y el estado anhidro. Se refiere a las dimensiones en estado verde.
- Contracción radial: Expresada en %. Es la variación de la dimensión de una pieza de madera en el sentido de los radios de la madera, entre el estado verde y el estado anhidro. Se refiere a las dimensiones en estado verde.
- Densidad básica: Expresada en gr/cm³. Indica la relación entre el peso constante seco al horno y el volumen verde de la madera.
- • Densidad Anhidra: Relaciona la masa y el volumen de la madera anhidra (completamente seca).
- • Densidad Saturada: Aquella que relaciona la masa y el volumen de la madera en estado húmedo.
- Duramen: Porción del cilindro central, constituido por las capas internas del leño; en el árbol en crecimiento, dicha porción no contiene células vivas y, los materiales de reserva que en ella existían se han transformado en compuestos fenólicos propias del duramen. El duramen generalmente es de un color más oscuro que la albura, aunque tal diferencia no puede ser claramente distinguible. Llamado también corazón de la madera.
- Madera o xilema: Conjunto de células que conforman el tejido leñoso. Tejido principal de sostén y de conducción de agua de los tallos y raíces.

- 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.
- Agua higroscópica: 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.
- 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
- Relación T/R: Se refiere a la relación entre la contracción tangencial y la contracción radial.
- Sección de corte: Es la sección o superficies que resultan al cortar una pieza de madera en diferentes planos. Este puede ser transversal y longitudinal (radial y tangencial).
    - Sección transversal: (Corte Tr). Es el corte perpendicular al eje longitudinal del tronco.
    - Sección radial: (Corte Rd). Es el corte que se realiza paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.
    - Sección tangencial: (Corte Tg). Es el corte que se realiza tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios.

2.3. Hipótesis

Ho: Las propiedades físicas de *Zanthoxylum riedelianum*. (Hualaja), son diferentes en los tres niveles, en tres secciones transversales y a dos orientaciones de altura del fuste

Ha: No existen diferencias en los tres niveles, en tres secciones transversales y a dos orientaciones de altura del fuste de *Zanthoxylum riedelianum*. (Hualaja).

2.4. Variables

2.4.1. Variable independiente

- Nivel de altura del fuste (base, medio y ápice)
- Sección transversal (interno, centro y externo)
- Orientación cardinal (Este - Oeste).

2.4.2. Variable dependiente

- Contenido de humedad.
- Densidad: saturada, básica y anhidra.
- Contracción: longitudinal, radial, tangencial, volumétrica y relación tangencial/radial.

III. METODOS.

3.1. Lugar de ejecución.

El presente trabajo de investigación se inició en la zona cercana al distrito de Tournavista (carretera a Tournavista km 50, interior 2km margen derecha). En este lugar se extrajo las rodajas de los arboles seleccionados trasladándose al taller de carpintería de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), ubicada en la Carretera Federico Basadre Km 6, aquí se obtuvieron las probetas de ensayo y luego fue trasladado al laboratorio de anatomía de la madera de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA), Ubicada en la carretera San José km. 0.5, distrito de Yarinacocha, Región Ucayali. Realizándose las evaluaciones de las probetas para determinar las propiedades físicas.

a. Ubicación política del área de colección de las muestras (rodajas).

Región	: Huánuco.
Provincia	: Puerto Inca.
Distrito	: Tournavista.

b. Ubicación geográfica del distrito de Tournavista.

Latitud	:	08º55’00” Sur
Longitud	:	74º42’00” Oeste
Altitud	:	160 m.s.n.m.

c. Zona de vida.

Holdridge (1947), clasifica como Bosque húmedo - Tropical (bh-T). Esta zona de vida presenta una temperatura máxima media anual de 31°C y una mínima media anual de 20°C, mientras que la media se presenta alrededor de 26°C. La precipitación anual supera los 1 700 mm anuales.

3.2. Materia en estudio.

Cinco árboles selecionados al azar de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja)

3.3. Tipo y nivel de investigación.

Es de tipo descriptivo cuantitativo y de nivel correlacional.

3.4. Método de la investigación.

3.4.1. Área de muestreo y ubicación de la especie.

El área de muestreo estuvo ubicado en un bosque secundario, con una área aproximada de 3has, donde se seleccionaron cinco árboles al azar (Noakc citado por Arostegui (1986) georeferenciando su ubicación y considerándose el estado fitosanitario, la accesibilidad y el diámetro de la especie. Para el presente estudio se evaluaron cinco (05) árboles, con diámetros de 20 a 25cm. (ver Anexo 02).

3.4.2. Identificación botánica.

Para la identificación del material botánico, se tomaron las muestras botánicas fértiles antes de la tumba de los árboles y se preservaron en solución FAA: (25% de formol, 25% de alcohol de 96 y 50% de agua) (ver anexo 08).

Posteriormente se prenso las muestras entre cartón corrugado y papel periódico, las cuales se secaron en la estufa a 60º C por 72 horas.

Finalmente se realizó el montaje de las muestras y se enviaron al jardín botánico MISSOURI Oxapampa, para su identificación. (Ver anexo 09) determinándose a la especie como *Zanthoxylum riedelianum* Engl. (Ver anexo 01).

3.4.3. Extracción de la muestra.

Se procedió al marcado con la ayuda de una brújula suunto a 1.30 m. (dap) en el fuste las dos orientaciones cardinales (E - O), así mismo se tomó la medida del diámetro correspondiente con una cinta dimétrico. Una vez marcada la orientación y el diámetro, se procedió al tumbado del árbol con la ayuda de una motosierra Stihl 381, realizando el corte a 20cm al ras del suelo, seguidamente se medió la altura comercial del fuste y se marcó la parte media para obtener una rodaja de 20 cm de longitud por cada nivel, siendo para el nivel base cercano al tocón, para el nivel medio la parte media de la altura comercial y para el nivel ápice antes de la primera bifurcación del fuste (ver figura 01).

3.4.4. Acondicionamiento de las muestras.

Luego de obtener las muestras (rodajas) se codificaron, marcando la orientación cardinal este y oeste, y sellandose los extremos con pintura esmalte mezclado con cola sintética, para evitar la pérdida de humedad durante el traslado desde la zona de Tournavista hasta la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.4.5. Preparación de las probetas.

La obtención de las probetas se realizó en la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali teniendo en cuenta la orientación y la medula; en esta operación se obtuvo las probetas de las dimensiones establecidas (2 cm x 2 cm x 10 cm) y debidamente orientadas en sus secciones tangencial, radial y longitudinal por nivel de fuste; obteniéndose un total de 90 probetas según el arreglo factorial que se empleó: 3 niveles de fuste (base, medio y ápice) por 2 orientaciones cardinales (este y oeste) por 3 tres secciones transversales (interno, centro y externo) y por 5 repeticiones, asimismo cada probeta fue codificada cuidadosamente para luego ser llevado al lugar para el proceso de secado (ver anexo: 10).

3.4.6. Codificación de las probetas.

Se codificaron las probetas de la siguiente manera: número de árbol (1, 2, 3, 4 y 5), nivel de fuste (B, M y A), orientación cardinal (Este y Oeste) y sección transversal (I, C y E).

Ejemplo: 1 A E I

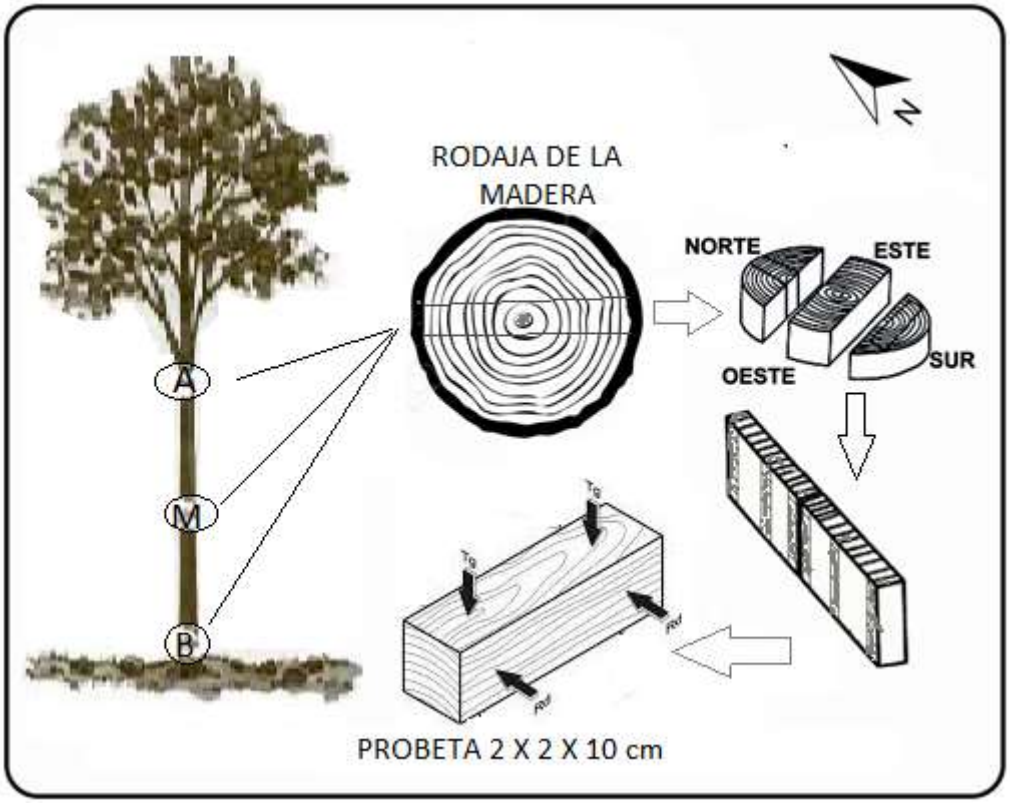
Dónde:

1 :Probeta del árbol 1

A :Nivel ápice del fuste

E : Orientación cardinal Este

I : Interno



Fuente: elaboración propia.

Figura 01. Método de obtención de las probetas.

3.4.7. Determinación de las propiedades físicas.

Se determinó según la norma técnica peruana (NTP):

- Contenido de humedad : 251.010
- Densidad : 251.011
- Contracción : 251.012

Todas las probetas que se obtuvieron fueron evaluadas de la siguiente forma:

a. Determinación del contenido de humedad.

- **Humedad saturada y seco al aire.**

La humedad saturada se determina, casi inmediatamente después de tumbar el árbol, cuando la madera está completamente saturada de agua. Obtenido las probetas se procedió a medir y pesarlas inmediatamente con la ayuda de la balanza analítica obteniéndose el peso húmedo, posteriormente estas fueron colocados al medio ambiente para ser medido y pesado diariamente hasta que el peso sea constante (peso seco al aire). Un vez obtenido el peso seco al aire las 90 probetas fueron trasladados a la estufa provisto de un termostato con la finalidad de obtener el peso seco al horno, esta operación consistió en ir aumentando gradualmente la temperatura desde 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y

103ºC, dejando a esta temperatura por un periodo no menor de 20 horas hasta obtener un peso constante de las probetas, luego se procedió a retirarlos y se colocaron en el desecador por espacio de 15 minutos, para posteriormente pesarlo, representando estos datos el peso seco al horno (Psh).

Fórmulas para determinar el contenido de humedad saturada y seca al aire.

$$CH(\%) = \frac{Ph - Psh}{Psh} x100$$

Dónde:

CH (%) = contenido de humedad saturada

Ph = peso húmedo o saturado (%).

Psh = peso seco al horno (%).

$$CH(S) = \frac{Ps_{alaire} - Psh}{Psh} x100$$

Dónde:

CH (s) = contenido de humedad en condición seca al aire (%).

Ps = peso seco al aire (%).

Psh = peso seco al horno o anhidra (%).

b. Determinación de la densidad.

- ✓ **Densidad saturada (Ds)**: Para determinar esta densidad, primero se obtuvo el peso las probetas recién cortadas en estado húmedo para obtener el peso húmedo (Ph) y el volumen húmedo (Vh) que se determinó en forma indirecta por el principio de Arquímedes, que consiste en sumergir la probeta de un peso conocido en agua sin tocar el fondo del recipiente y registrar el incremento de peso correspondiente que representa el volumen de la probeta.
- ✓ **Densidad básica (Db)**. consistió en obtener el peso seco al horno y el volumen húmedo. Para el peso seco al horno se obtuvo del mismo procedimiento del contenido de humedad y para el volumen húmedo se

obtuvo por el principio de Arquímedes como se describió líneas arriba en la densidad saturada.

- ✓ **Densidad anhidra (Da)**: para este proceso consistió en obtener el peso seco al horno y volumen seco al horno Para el peso seco al horno se obtuvo los mismos datos de la densidad básica y para determinar el volumen seco al horno (Vsh) las probetas fueron parafinadas determinándose en forma indirecta por inmersión en agua por principio de Arquímedes.

Fórmulas para las densidades.

a. Densidad saturada.

$$DS = \frac{Ph}{Vh}$$

Dónde:

DS = Densidad saturada *(gr/cm3).*

Ph = Peso húmedo (gr).

Vh = Volumen húmedo (cm3).

b. Densidad básica.

$$DB = \frac{Psh}{Vh}$$

Dónde:

DB = densidad básica (gr/cm3).

Psh= peso seco al horno (gr).

Vh = volumen húmedo (cm3).

c. Densidad anhidra

$$DA = \frac{Psh}{Vsh}$$

Dónde:

DA = densidad anhidra (gr/cm3).

Psh= peso seco al horno (gr).

Vsh= volumen seco al horno (cm3).

c. Determinación de la contracción.

Para determinar esta propiedad se utilizó el método para la determinación de la Contracción o cambio dimensional en la madera siguiendo la Norma Técnica Peruana NTP 251.012. Consistió en tomar las dimensiones de las caras radial, tangencial y longitudinal en condición húmeda y seca al horno.

Para la condición húmeda, se tomaron la mediciones de las probetas recién cortadas y para la condición seca al horno, se colocaron las probetas en la estufa, donde se le aplicó calentamiento gradual por cada día, iniciando a 30, 40,50, 60, 70, 80, 90, y finalmente a 103ºC, dejando a esta temperatura por un periodo no menor de 20 horas; luego se retiraron las probetas de la estufa para ser medido en las tres caras (radial, tangencial y longitudinal).

Fórmulas para las contracciones.

d. Contracción tangencial total.

$$CTt = \frac{dth - dtsh}{dth} x100$$

Dónde:

CTt = Contracción tangencial total (%).

Dth = Dimensión tangencial humedad (cm).

Dtsh = Dimensión tangencial seca al horno (cm).

e. Contracción radial total.

$$CRt = \frac{drh - drsh}{drh} x100$$

Dónde:

CRt = Contracción radial total (%).

Drh = Dimensión radial húmeda (cm)**.**

Drsh = Dimensión radial seca al horno (cm).

f. Contracción longitudinal total.

$$CLt = \frac{dlh - dlsh}{dlh} x100$$

Dónde:

CLt = Contracción longitudinal total (%).

Dlh = Dimensión longitudinal húmeda (cm).

Dlsh= Dimensión longitudinal seca al horno (cm).

g. Contracción volumétrica total.

$$CVt = \frac{vh - vsh}{vh} x100$$

Dónde:

CVt = Contracción volumétrica total (%).

Vh = Volumen húmedo (cm3).

Vsh = Volumen seco al horno (cm3).

3.5. Diseño de la investigación.

3.5.1. Diseño Descriptivo – Correlacional.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial de 3 niveles (base, medio y ápice) x 3 secciones transversales (interior, centro y exterior) x 2 orientaciones cardinales (Este y Oeste) x 5 repeticiones (árboles).

3.5.2. Unidad experimental.

La unidad experimental está representada por un individuo de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja). El cual consistió en describir la variable respuesta, es decir las propiedades físicas a estudiar. Así las observaciones consistieron en usar probetas de los niveles (base, medio y ápice), sección transversal (interno, centro y externo) y orientación cardinal (este oeste) del fuste, y describir su comportamiento sometidas a los ensayos de contenido humedad, densidad y contracción.

3.5.3. Modelo estadístico.

a. Modelo aditivo lineal.

Los grados de libertad para este diseño, fue el siguiente:

$$Yijkr = M + ai + bj + ck + abij + acik + bcjk + abcijk + eijkr$$

Dónde :

Yijk = Respuesta del Tratamiento descriptivo
a = Nivel de fuste (base, medio, ápice).
b = Sección transversal (interior centro y externo)
c = Orientación cardinal (E – O)
abij = Interacción de la variable a y b, a niveles i, j
acik = interacción de la variable a y c, a niveles i, k
bcjk = interacción de la variable b y c, a niveles j, k
abcijk = Interacción de la variable a, b y c, a niveles i, j, k
eijkr = Un componente del error aleatorio

3.6. Población y muestra.

3.6.1. Población.

La población estuvo constituida aproximadamente por 23 árboles de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja) en un bosque secundario cercanos a la zona del distrito de Tournavista.

3.6.2. Muestra.

La muestra lo constituyen cinco árboles de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja) seleccionadas al azar. Determinándose el DAP, la orientación del norte magnético y la altura total, según Noak, citado por Arostegui (1986)

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.7.1. Técnicas de recolección de datos.

Los datos se obtuvieron mediante observación directa que emitieron los equipos de medición, análisis documental para la recopilación de datos de fuente secundaria como libros, informes y otros documentos que son indispensables para toda investigación actual.

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se usaron instrumentos como: Tablas con libretas de apuntes, guía técnica documental.

Instrumentos de medición (vernier digital, micrómetro, balanza analítica) previamente calibrados, estufas y formatos de colección de datos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Determinación del contenido de humedad saturada y seca al aire de *Zanthoxylum riedelianum Engl*, a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.

4.1.1. Contenido de humedad saturada.

Cuadro 04. Contenido de humedad saturada (%).

Niveles	humedad saturada (%)									
	Interno			Centro			Externo			Prom.
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	96.41	101.40	***98.90***	73.23	84.21	***78.72***	64.00	63.32	***63.66***	***80.43***
Medio	79.08	82.31	***80.69***	77.92	77.99	***77.96***	77.31	76.79	***77.05***	***78.57***
Ápice	84.07	85.52	***84.79***	83.62	87.96	***85.79***	75.41	77.80	***76.60***	***82.40***
Prom.	**86.52**	**89.74**		**78.26**	**83.39**		**72.24**	**72.63**		
Prom. Orient.	**88.13**			**80.82**			**72.44**			
Prom. Gral.				**80.46**						**80.46**

El cuadro 04, muestra los resultados en promedio del contenido de humedad saturada. Con respecto a los niveles del fuste se observa que el mayor valor corresponde al nivel ápice (82.40%) seguido por la base y menor contenido de humedad en el nivel medio, este resultado podría atribuirse a la madera juvenil que presentan los árboles en el nivel superior del fuste por el constante crecimiento.

Para la sección transversal el contenido de humedad es mayor en la sección interna (88.13%) disminuyendo hacia la externa, con respecto a la orientación cardinal se observa que hacia el oeste presenta mayor humedad, esto quizás se atribuye a la incidencia de los rayos solares ya que en horas de la mañana hay más horas de iluminación que incide en el lado este del fuste.

En promedio el contenido de humedad saturada fue de 80.46%, este resultado con concuerda con Arostegui *et al* (1986), quien determino un 76% para *Zanthoxylum sp,, e*sto podría ser a causa de las diferencias de humedad entre los árboles de la misma especie, los sitios (características del suelo) o condiciones ambientales es donde se desarrollan, así como a los diferentes factores tales como: edad, diámetro, altura, diferenciación en las fibras y anillos de crecimiento tal como manifiesta Ananías (1992); Asimismo Gregoriev (1985), manifiesta que la humedad de la albura en las coníferas aumentan de abajo hacia

arriba, mientras que la humedad de duramen no cambia; en las latifoliadas la humedad de la albura no varía y la humedad del duramen disminuye hacia arriba.

Gallo (2009), buscando determinar el contenido de humedad en los cortes radial y tangencial en relación a los tres niveles de fuste en capirona (*Calycophyllum spruceanum* Bentham), encontró que esta especie presenta altas diferencias significativas para el contenido de humedad, entre los árboles presentes en los niveles base, medio y ápice del fuste; .el contenido de humedad es ascendente desde la parte basal hasta el ápice.

a. Análisis de varianza del contenido de humedad saturada.

Los resultados del contenido de humedad saturada fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existen diferencias entre las variables evaluadas, como se puede observar en el cuadro 05, entre las secciones transversales y la relación niveles-secciones transversales es altamente significativo (p≤0.01), sin embargo para los niveles, orientaciones y demás interacciones no hay significancia.

Cuadro 05. Análisis de varianza del contenido de humedad saturada.

VARIABLES	GL	SC	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	2	220.27	110.14	1.70	0.19	**ns**
Secciones Transversales	2	3699.31	1849.65	28.50	0.00	****
Orientaciones	1	191.28	191.28	2.95	0.09	**ns**
Niveles * Secciones Transversales	4	3133.84	783.46	12.07	0.00	****
Niveles * Orientaciones	2	65.63	32.82	0.51	0.60	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	2	85.31	42.65	0.66	0.52	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	4	116.21	29.05	0.45	0.77	ns
Error	72	4673.19	64.91			
Total	90	594879.900				

**** =** *Altamente significativo*; **ns =***no significativo*

Estas diferencias en las secciones transversales podrían atribuirse a las diferencias de densidad que existe en las secciones transversales interno, centro y externo.

- **Prueba de Tukey del contenido de humedad saturada**

Visto la alta significancia entre las secciones transversales, se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$, el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los promedios del contenido de humedad saturada.

Cuadro 06. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para las secciones transversales.

Tukey 0.95

SECCIONES	N	VALORES (%)	Significancia
INTERNO	30	88.13	a
CENTRO	30	80.82	b
EXTERNO	30	72.44	c

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, demuestra que existe alta diferencia entre las secciones transversales interno centro y externo, siendo la interno el que alcanzó mayor porcentaje de contenido de humedad (88.13%) y el menor porcentaje corresponde a la externa (72.44%), estos resultados pueden atribuirse a la alta densidad que presenta la seccion externa con respecto a la interna, estos resultados concuerdan con lo descrito por Junac (1989), quien menciona que las maderas livianas, por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas, de igual manera la albura por estar conformada por células, cuya función principal es la de conducción de agua, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen

b. Interacción de los niveles del fuste con las secciones transversales de la humedad saturada.



Figura 02. Relación del contenido de humedad saturada de los niveles con las secciones transversales

La figura 02, muestra la interacción de los niveles del fuste con las secciones transversales, donde el nivel de la base presenta alta variabilidad entre la sección interna con respecto a la externa, caso similar ocurre en el nivel ápice donde se observa que la sección centro varia significativamente hacia el externo.

4.1.2. Contenido de humedad seca al aire.

Cuadro 07. Contenido de humedad seca al aire (%)

Niveles	humedad seca al aire (%)									
	Interno			Centro			Externo			Prom.
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	14.77	14.87	***14.82***	14.82	14.63	***14.72***	14.91	14.71	***14.81***	***14.78***
Medio	14.67	14.72	***14.70***	14.75	14.81	***14.78***	14.93	14.93	***14.93***	***14.80***
Ápice	14.61	14.59	***14.60***	14.75	14.53	***14.64***	15.10	14.96	***15.03***	***14.75***
Prom.	**14.68**	**14.73**		**14.77**	**14.65**		**14.98**	**14.86**		
Prom. Orient.	**14.70**			**14.71**			**14.92**			
Prom. Gral.				**14.78**						**14.78**

El cuadro 07, muestra los resultados del contenido de humedad en condición seca al aire; para los niveles del fuste se observa que fue mayor en el nivel medio (14.80%) seguido por la base y el ápice; con respecto a las secciones transversales, el contenido de humedad es mayor en la sección externa (14.92%) y va disminuyendo ligeramente hacia la interna. Para las orientaciones cardinales no se encontraron diferencias, en estos resultados no se observa altas diferencias numéricas debido a que las muestras se encuentran secas en equilibrio con la humedad del ambiente.

a. Análisis de varianza del contenido de humedad seca al aire.

Los resultados del contenido de humedad seca al aire fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existe diferencias entre las variables evaluadas, se puede observar que entre las secciones transversales es significativo ($p \leq 0.01$), sin embargo para los niveles, orientaciones y demás relaciones e interrelaciones no hay significancia.

Cuadro 08. Análisis de varianza del contenido de humedad seca al aire

VARIABLES	GL	SC	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	2	0.03	0.02	0.14	0.87	ns
Secciones Transversales	2	0.92	0.46	3.84	0.03	*
Orientaciones	1	0.09	0.09	0.75	0.39	ns
Niveles * Secciones Transversales	4	0.57	0.14	1.20	0.32	ns
Niveles * Orientaciones	2	0.11	0.06	0.48	0.62	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	2	0.13	0.06	0.55	0.58	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	4	0.07	0.02	0.15	0.96	ns
Error	72	8.59	0.12			
Total	90	19670.680				

*** =** *significativo*; **ns =***no significativo*

- **Prueba de Tukey para las secciones transversales seca al aire.**

Observando la alta significancia en las secciones transversales, se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$, el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los valores promedios.

Cuadro 09. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para las secciones transversales.

Tukey 0.95

SECCIONES	N	VALORES (%)	Significancia
EXTERNO	30	14.92	a
CENTRO	30	14.71	a b
INTERNO	30	14.70	b

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey demuestra que no existe diferencia entre las secciones transversales externo y centro, tampoco entre el centro e interno, sin embrago, existen diferencias entre el externo e interno, siendo el externo que presento mayor porcentaje de contenido de humedad (14.92%) y el menor porcentaje de humedad corresponde a la interna (14.70%), este resultado podria atribuirse a la mayor densidad que presenta en la seccion externa.

4.2. Determinación de las densidades: saturada, anhidra y básica de *Zanthoxylum riedelianum*., a tres niveles, en tres secciones transversales y a dos orientaciones del fuste del árbol.

4.2.1. Densidad saturada.

Cuadro 10. Valores promedios de la densidad saturada (g/cm^3).

Niveles	Densidad Saturada (g/cm3)									
	Interno			Centro			Externo			Prom.
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	0.90	0.90	***0.90***	0.89	0.88	***0.88***	0.97	0.96	***0.97***	***0.92***
Medio	0.74	0.75	***0.75***	0.80	0.83	***0.81***	0.90	0.90	***0.90***	***0.82***
Ápice	0.72	0.73	***0.72***	0.83	0.84	***0.83***	0.92	0.90	***0.91***	***0.82***
Prom.	**0.79**	**0.79**		**0.84**	**0.85**		**0.93**	**0.92**		
Prom. Orient.	**0.79**			**0.84**			**0.92**			
Prom. Gral.	**0.85**									**0.85**

En el presente cuadro se observa los resultados de la densidad saturada; en los niveles del fuste, el nivel base presenta mayor densidad (0.92 g/cm^3) y luego disminuye ligeramente hacia el ápice, esto se puede atribuir a que la madera presenta mayor madera juvenil cercanos a la copa. En las secciones transversales la sección externa presento mayor densidad (0.92 g/cm^3) y disminuyendo hacia la sección interna, con respecto a las orientaciones cardinales se observa que hacia la orientación este en el nivel base y en la sección externa presenta mayor densidad saturada, lo contrario ocurre con el contenido de humedad, como se manifestó esto se atribuiría a las horas de brillo solar.

a. Análisis de varianza de la densidad saturada.

Los resultados de la densidad saturada fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existe diferencias entre las variables evaluadas, se puede observar que entre los niveles es significativo y en las secciones transversales es altamente significativo (p≤0.01), sin embargo para las orientaciones y demás relaciones e interrelaciones no hay significancia.

Cuadro 11. Análisis de varianza de la densidad saturada.

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	0.18	2	0.09	17.53	0.01	*
Secciones Transversales	0.28	2	0.14	26.84	0.00	**
Orientaciones	5.878E-06	1	5.878E-06	0.00	0.97	ns
Niveles * Secciones Transversales	0.05	4	0.01	2.44	0.05	ns
Niveles * Orientaciones	0.00	2	0.00	0.19	0.83	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	0.00	2	0.00	0.12	0.89	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	0.00	4	0.00	0.04	0.99	ns
Error	0.37	72	0.01			
Total	66.29	90				

**** = altamente** *significativo***; * =** *significativo***; ns =***no significativo*

- **Prueba de Tukey para los niveles de la densidad saturada.**

Determinado la alta significancia entre las secciones transversales se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$, el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los datos promedios.

Cuadro 12. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste.

Tukey 0.95

NIVELES	N	VALORES (g/cm^3)	Significancia	
BASE	30	0.92	a	
ÁPICE	30	0.82		b
MEDIO	30	0.82		b

La prueba de Tukey de muestra que no existe diferencias entre los niveles medio y ápice; sin embargo, existen diferencias del nivel base con el medio y el ápice, siendo el nivel base (0.92 g/cm^3), seguido por el ápice (0.82 g/cm^3) y el medio (0.82 g/cm^3). Esto demuestra que a la especie estudiada no se podria dar los mismos usos según sus niveles de fuste.

- **Prueba de Tukey para las secciones transversales de la densidad saturada.**

Visto la alta significancia entre las secciones transversales, se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$, el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los valores promedios.

Cuadro 13. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para las secciones transversales.

Tukey 0.95

SECCIONES	N	VALORES (g/cm^3)	Significancia		
EXTERNO	30	0.92	a		
CENTRO	30	0.84		b	
INTERNO	30	0.79			c

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, demuestra que existe alta diferencia entre las secciones transversales interno, centro y externo, siendo el externo que alcanzo mayor densidad (0.92 g/cm^3) y la menor densidad fue la interna (0.79 g/cm^3). Esto podría atribuirse a las diferencias de albura y duramen tal como manifiesta León (2001), menciona que hay diferencias entre los valores de densidad entre la albura y el duramen son debidos a la cantidad de masa celular del que están conformadas

4.2.2. Densidad anhidra.

Cuadro 14. Valores promedios de la densidad anhidra (g/cm^3)

Niveles	Densidad Anhidra (g/cm3)									
	Interno			Centro			Externo			Prom.
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	0.52	0.51	***0.52***	0.58	0.54	***0.56***	0.67	0.66	***0.66***	***0.58***
Medio	0.46	0.47	***0.47***	0.51	0.53	***0.52***	0.57	0.60	***0.59***	***0.52***
Ápice	0.43	0.43	***0.43***	0.51	0.51	***0.51***	0.60	0.56	***0.58***	***0.51***
Prom.	**0.47**	**0.47**		**0.53**	**0.53**		**0.61**	**0.61**		
Prom. Orient.	**0.47**			**0.53**			**0.61**			
Prom. Gral.	**0.54**									**0.54**

El cuadro 14 muestra los resultados de la densidad anhidra. Como se observa en los niveles del fuste, la base presenta mayor densidad (0.58 g/cm^3) disminuyendo hacia el ápice. Para las secciones transversales la sección externa (0.61 g/cm^3) fue mayor a la sección interna, con respecto a las orientaciones cardinales se observa que hacia la orientación este, en el nivel base y en la sección externa presenta mayor densidad anhidra. En promedio se obtuvo 0.54g/cm^3 para la densidad anhidra, este resultado es diferente a MAE y FAO (2014), quienes en el estudio realizado para *Zanthoxylum riedelianum* Engl sobre las propiedades anatómicas físicas y mecánicas de 93 especies forestales en Quito Ecuador, que presento densidad anhidra 0.38 g/cm^3, estas diferencias podrían atribuirse a la genética, el ambiente, etc. tal como manifiesta Daniel *et a*l. (1982), señalan que existe una considerable variación de la densidad de la madera entre árboles de una misma especie, entre especies y entre diferentes áreas geográficas, que son consecuencia de que dicha característica está influenciada por la condición genética del individuo y el ambiente en el cual crece.

a. Análisis de varianza de la densidad anhidra.

Los resultados de la densidad anhidra fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existe diferencias entre las variables evaluadas, se puede observar que entre los niveles es significativo y en las secciones transversales es altamente significativo ($p \leq 0.01$), sin embargo para las orientaciones y demás relaciones e interrelaciones no hay significancia.

Cuadro 15. Análisis de varianza de la densidad anhidra.

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	0.09	2	0.04	18.31	0.02	*
Secciones Transversales	0.29	2	0.15	58.99	0.00	**
Orientaciones	0.00	1	0.00	0.09	0.76	ns
Niveles * Secciones Transversales	0.06	4	0.01	0.56	0.69	ns
Niveles * Orientaciones	0.06	2	0.03	1.19	0.31	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	7.127E-05	2	3.563E-05	0.01	.099	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	0.04	4	0.01	0.45	0.77	ns
Error	0.18	72	0.02			
Total	26.536	90				

**** =** *Altamente significativo*; *** =** *significativo*; **ns =** *no significativo*

- **Prueba de Tukey de los niveles de la densidad anhidra.**

Observando la alta significancia entre las secciones transversales se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$, el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los valores promedios.

Cuadro 16. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste de la densidad anhidra.

Tukey 0.95

NIVELES	N	VALORES (g/cm^3)	Significancia	
BASE	30	0.58	a	
MEDIO	30	0.52		b
ÁPICE	30	0.51		b

La prueba de Tukey demuestra que no existe diferencias entre los niveles ápice y medio, sin embargo, existen diferencias entre el nivel base con el ápice y el medio siendo el nivel base (0.58 g/cm^3), seguido por el medio (0.52 g/cm^3) y el ápice (0.51g/cm^3). Esto se podria atribuir a que las maderas varian sus densidades dentro de un mismo individuo tal como manifiesta Downes et al. (1997), indica que la densidad varía considerablemente entre especies, entre árboles y dentro de árboles individuales. Esta variación se debe tanto a factores propios de cada especie como a las interacciones con el medio ambiente; las características de la madera como: tipos de células, diámetros de lúmenes y espesor de las paredes celulares, así como el contenido de extraíbles, entre otras, también inciden en la variación de esta propiedad.

- **Prueba de Tukey para las secciones transversales de la densidad anhidra.**

Cuadro 17. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para las secciones transversales.

Tukey 0.95

SECCIONES	N	VALORES (g/cm^3)	Significancia		
EXTERNO	30	0.61	a		
CENTRO	30	0.53		b	
INTERNO	30	0.47			c

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, demuestra que existen diferencias entre las secciones transversales interno, centro y externo, siendo de mayor valor la externa (0.61 g/cm^3), seguido por el centro (0.53 g/cm^3) e interno (0.47 g/cm^3). Esto se podría atribuirse a la variación de la humedad tal como manifiesta León (2001) la densidad es un valor muy cambiante según varíe el contenido de humedad de las muestras, sin embargo, la diferencia de masa celular, o sea, la madera va a ser la responsable de la tendencia a ser siempre mayor en madera con más peso o masa

4.2.3. Densidad básica.

Cuadro 18. Valores promedios de la densidad básica (g/cm^3)

Niveles	Densidad Básica (g/cm3)									
	Interno			Centro			Externo			Prom.
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	0.46	0.45	***0.45***	0.52	0.48	***0.50***	0.59	0.59	***0.59***	***0.51***
Medio	0.41	0.41	***0.41***	0.45	0.46	***0.46***	0.51	0.51	***0.51***	***0.46***
Ápice	0.39	0.39	***0.39***	0.45	0.46	***0.46***	0.52	0.51	***0.52***	***0.45***
Prom.	**0.42**	**0.42**		**0.47**	**0.47**		**0.54**	**0.53**		
Prom. Orient.	**0.42**			**0.47**			**0.54**			
Prom. Gral.				**0.48**						**0.48**

El cuadro 18, muestra los valores promedio de la densidad básica encontrada. Para los niveles del fuste se observa que la base presenta mayor densidad (0.51 g/cm^3) y disminuye hacia el ápice. Para las secciones transversales la densidad fue mayor en la externa (0.53 g/cm^3) reduciéndose hacia la sección interna, en promedio general se obtuvo para la densidad básica 0.48 g/cm^3, este resultado se asemeja a Arostegui (1986), quien determino las propiedades tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque nacional Alexander Von Humboldt, dentro de ellos *Zanthoxylum sp,* encontrando la densidad básica 0.47 g/cm^3. Según MAE y FAO (2014) en el estudio realizado para

Zanthoxylum riedelianum Engl sobre las propiedades anatómicas físicas y mecánicas de 93 especies forestales en Quito Ecuador, que presento; densidad saturada 1.07 g/cm^3, básica 0.34 g/cm^3, esto se debería a la genética, medio ambiente donde se desarrollan, etc.

Según la clasificación de Vizcarra (1998) para la densidad básica, la especie estudiada pertenecería al grupo de densidad media.

Vásquez (1984) realizó un estudio con la finalidad de determinar la variación de las propiedades físicas de la madera de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) en Puerto Almendras encontró dos patrones de variación (p >0.01): la tendencia del peso específico básico va aumento desde la médula hacia la corteza; de acuerdo a este resultado existe una similitud con la especie estudiada ya que se encontró que la densidad básica va en aumento de la médula a la corteza. Downes (1997), manifiesta que la densidad básica varía considerablemente entre especies, entre árboles y dentro de árboles individuales. Esta variación se debe tanto a factores propios de cada especie como a las interacciones con el medio ambiente; las características de la madera como: tipos de células, diámetros de lúmenes y espesor de las paredes celulares, así como el contenido de extraíbles, entre otras, también inciden en la variación de esta propiedad.

a. Análisis de varianza de la densidad básica.

Los resultados de la densidad básica fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existe diferencias entre las variables evaluadas, se puede observar que entre los niveles es significativo y en las secciones transversales es altamente significativo (p≤0.01), sin embargo para las orientaciones y demás relaciones e interrelaciones no hay significancia.

Cuadro 19. Análisis de varianza de la densidad básica.

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	0.06	2	0.03	20.19	0.01	*
Secciones Transversales	0.21	2	0.12	69.43	0.00	**
Orientaciones	0.01	1	0.00	0.39	0.54	ns
Niveles * Secciones Transversales	0.08	4	0.00	1.25	0.29	ns
Niveles * Orientaciones	0.02	2	0.00	0.75	0.48	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	2.807E-05	2	1.403E-05	0.01	0.99	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	0.02	4	0.00	0.40	0.81	ns
Error	0.11	72	0.01			
Total	20.758	90				

**** =** *Altamente significativo*; *** =** *significativo*; **ns =** *no significativo*

Para ver las altas diferencias significativas en los niveles y las secciones transversales se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$

- **Prueba de Tukey de los niveles de la densidad básica.**

Determinando la alta significancia entre las en las secciones transversales, se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$, el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los datos promedios.

Cuadro 20. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste.

Tukey 0.95

NIVELES	N	VALORES (g/cm^3)	Significancia	
BASE	30	0.51	a	
MEDIO	30	0.46		b
ÁPICE	30	0.45		b

La prueba de Tukey demuestra que no existe diferencias entre los niveles medio y ápice, sin embargo, existen diferencias en el nivel base con respecto al medio y el ápice, siendo el nivel base (0.51 g/cm^3) que presento mayor densidad seguido por el medio (0.46 g/cm^3) y el ápice (0.45 g/cm^3), esto significa que para la trabajabilidad de esta especie se tendria que trabajar por niveles de fuste.

- **Prueba de Tukey de las secciones transversales de la densidad básica.**

Cuadro 21. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para las secciones transversales.

Tukey 0.95

SECCIONES	**N**	**VALORES (**g/cm^3)	**Significancia**		
EXTERNO	30	0.54	a		
CENTRO	30	0.47		b	
INTERNO	30	0.42			c

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, demuestra que existen diferencias entre las secciones transversales interno, centro y externo, siendo de mayor valor la seccion externa (0.538 g/cm^3), seguido por el centro (0.469 g/cm^3) y el interno (0.419 g/cm^3).

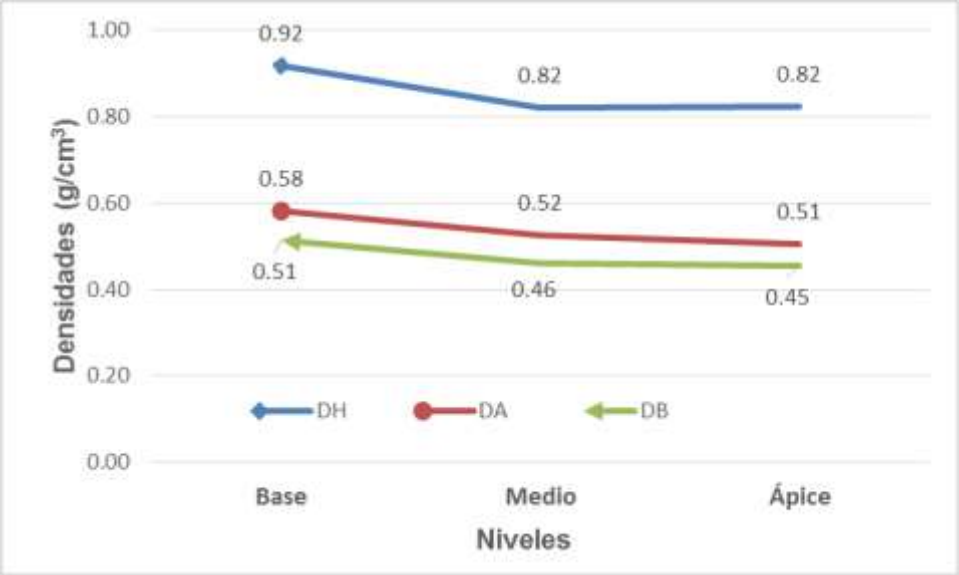


Figura 03. Determinación de las densidades saturada, anhidra y básica para los niveles del fuste.

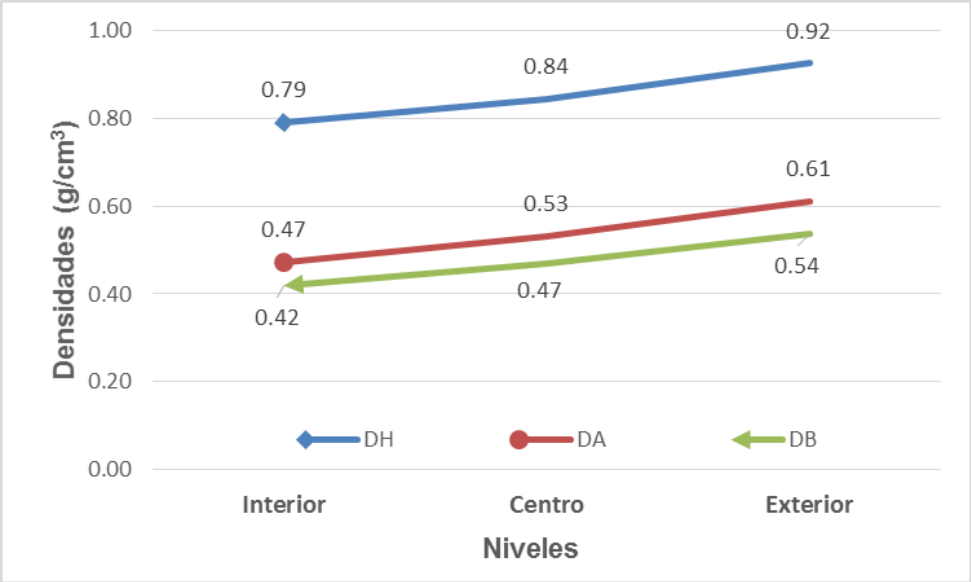


Figura 04. Determinación de las densidades saturada, anhidra y básica para las secciones transversales.

En las figuras 03 y 04 muestra los valores promedio de la densidades para los niveles y secciones transversales del fuste del arbol en estudio, como se puede observar para los niveles, la base presenta mayor densidad y para las secciones transversales el externo presenta mayores densidades; estos resultados podrian atribuirse la madera juvenil y adulta que presenntan los arboles en el fuste.

4.3. Determinación de las contracciones: longitudinal, radial, tangencial, volumétrica y relación tangencial/radial de *Zanthoxylum riedelianum* Engl. a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.

4.3.1. Contracción longitudinal.

Cuadro 22. Valores promedios de la contracción longitudinal (%).

Niveles	Contraccion Longitudinal (%)									Prom.
	Interno			Centro			Externo			
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	0.44	0.18	***0.31***	0.13	0.31	***0.22***	0.42	0.31	***0.37***	***0.30***
Medio	0.28	0.17	***0.22***	0.35	0.38	***0.36***	0.32	0.24	***0.28***	***0.29***
Ápice	0.28	0.45	***0.36***	0.31	0.28	***0.30***	0.39	0.11	***0.25***	***0.30***
Prom.	**0.33**	**0.26**		**0.26**	**0.33**		**0.38**	**0.22**		
Prom. Orient.	**0.30**			**0.29**			**0.30**			
Prom. Gral.				**0.30**						**0.30**

El cuadro 22 muestra los resultados de la contracción longitudinal promedio. Para los niveles del fuste, el ápice obtuvo mayor contracción (0.30%) seguido por la base y el medio, en las secciones transversales no se encontraron diferencias, con respecto a las orientaciones cardinales tampoco se observa diferencias en los niveles y secciones. Según Pedras (1997), manifiesta que la contracción longitudinal varía entre 0.1 % a 0.9 %, mientras que Ananías (1992), señala que la contracción longitudinal es normalmente despreciable en la madera, así mismo indica que la limitada contracción longitudinal que se encuentra en la madera es debida a la orientación longitudinal de los principales tejidos constituyentes de la madera. La contracción longitudinal excesiva puede ocasionar los defectos denominados encorvadura y arqueadura; según esta mención la especie estudiada solo presento 0.29% de contracción longitudinal por ello no estaría propenso a sufrir encorvaduras en el proceso de secado.

a. Análisis de varianza de la contracción longitudinal.

Los resultados de la contracción longitudinal fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existe diferencias entre las variables evaluadas, se puede observar que entre los niveles, secciones transversales, orientaciones y demás relaciones e interrelaciones no hay diferencias significativas ($p \leq 0.01$).

Cuadro 23. Análisis de varianza de la contracción longitudinal.

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	0.00	2	0.00	0.03	0.97	ns
Secciones Transversales	0.00	2	0.00	0.01	0.99	ns
Orientaciones	0.06	1	0.06	1.58	0.21	ns
Niveles * Secciones Transversales	0.27	4	0.08	1.68	0.16	ns
Niveles * Orientaciones	0.00	2	0.00	0.01	0.99	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	0.18	2	0.09	2.28	0.11	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	0.35	4	0.09	2.19	0.08	ns
Error	2.87	72	0.04			
Total	11.66	90				

ns =*no significativo*

4.3.2. Contracción radial.

Cuadro 24. Valores promedios de la contracción radial (%).

Niveles	Contraccion Radial (%)									Prom.
	Interno			Centro			Externo			
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	4.93	4.63	***4.78***	4.33	4.16	***4.24***	4.10	4.44	***4.27***	***4.43***
Medio	4.45	5.07	***4.76***	4.44	5.63	***5.04***	4.55	4.92	***4.74***	***4.84***
Ápice	4.01	4.00	***4.00***	4.09	4.16	***4.12***	4.67	4.15	***4.41***	***4.18***
Prom.	**4.46**	**4.57**		**4.29**	**4.65**		**4.44**	**4.50**		
Prom. Orient.	**4.51**			**4.47**			**4.47**			
Prom. Gral.				**4.48**						**4.48**

En el cuadro 24, muestra los resultados de la contracción radial en promedio. Con respecto a los niveles del fuste, se observa que el nivel medio presenta mayor contracción (4.84%) seguido por la base y el ápice; en las secciones transversales se observa que la sección interna (4.51%) presenta una ligera diferencia con respecto al centro y externa, en la orientación cardinal del fuste no hay altas diferencias; en promedio se obtuvo 4.48% de contracción radial; estos resultados se asemejan con Arostegui *et al* (1986), quien determinó de las propiedades tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque nacional Alexander Von Humboldt, dentro de ellos la hualaja encontrando la contracción radial: 4.29%, contracción tangencial: 7.98%, relación R/T: 1.96% y contracción volumétrica: 11.45%.

a. Análisis de varianza de la contracción radial.

Los resultados de la contracción radial fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existen diferencias entre las variables evaluadas, como se puede observar en los niveles, secciones transversales, orientaciones y demás relaciones e interrelaciones no hay diferencias significativas.

Cuadro 25. Análisis de varianza de la contracción radial.

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	6.77	2	3.38	3.77	0.028	ns
Secciones Transversales	0.04	2	0.02	0.02	0.98	ns
Orientaciones	0.69	1	0.69	0.77	0.38	ns
Niveles * Secciones Transversales	3.19	4	0.79	0.89	0.47	ns
Niveles * Orientaciones	3.44	2	1.72	1.92	0.15	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	0.40	2	0.20	0.22	0.80	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	1.58	4	0.39	0.44	0.78	ns
Error	64.62	72	0.89			
Total	1889.99	90				

ns =*no significativo*

4.3.3. Contracción tangencial.

Cuadro 26. Valores promedios de la contracción tangencial (%)

Niveles	Contraccion Tangencial (%)									Prom.
	Interno			Centro			Externo			
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	8.21	8.20	***8.20***	8.74	7.74	***8.24***	8.11	8.26	***8.19***	***8.21***
Medio	8.16	9.31	***8.74***	7.99	8.32	***8.15***	8.49	9.24	***8.86***	***8.58***
Ápice	6.57	6.35	***6.46***	6.82	7.22	***7.02***	8.06	6.67	***7.36***	***6.95***
Prom.	**7.65**	**7.96**		**7.85**	**7.76**		**8.22**	**8.06**		
Prom. Orient.	**7.80**			**7.81**			**8.14**			
Prom. Gral.				**7.91**						**7.91**

El cuadro 26, muestra los resultados de la contracción tangencial, para los niveles se obtuvo que el medio presento mayor contracción (8.58%) seguido por la base y mucho menor el ápice esto podría atribuirse al menor contenido de humedad que presenta el ápice según el resultado obtenido. Para las secciones transversales la sección externa presento mayor contracción (8.14%) en promedio general se obtuvo 7.91% de contracción tangencial

a. Análisis de varianza de la contracción tangencial.

Los resultados de la contracción tangencial fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existen diferencias entre las variables evaluadas, como se observa, que entre los niveles es significativo (p≤0.01), sin embargo en las secciones transversales, orientaciones y demás relaciones e interrelaciones no hay diferencias significativas

Cuadro 27. Análisis de varianza de la contracción tangencial.

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	
Niveles	44.09	2	22.05	8.96	0.01	*
Secciones Transversales	2.24	2	1.12	0.45	0.64	ns
Orientaciones	0.01	1	0.02	0.00	0.95	ns
Niveles * Secciones Transversales	4.80	4	1.20	0.49	0.74	ns
Niveles * Orientaciones	5.93	2	2.96	1.20	0.31	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	0.96	2	0.48	0.19	0.82	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	5.95	4	1.49	0.61	0.66	ns
Error	177.24	72	2.46			
Total	5879.36	90				

*** =** *significativo***; ns =***no significativo*

- **Prueba de Tukey para los niveles de la contracción tangencial.**

Visto la alta significancia entre las en las secciones transversales se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$, el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los datos promedios.

Cuadro 28. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste.

Tukey 0.95

NIVELES	N	VALORES (%)	Significancia	
MEDIO	30	8.58	a	
BASE	30	8.21	a	
ÁPICE	30	6.95		b

Los resultados de la prueba de Tukey demuestra que no existe diferencia entre los niveles medio y base, sin embargo existen diferencias entre el nivel àpice con el nivel medio y base, siendo el nivel medio que presento mayor contraccion (8.58%).

4.3.4. Contracción volumétrica.

Cuadro 29. Valores promedios de la contracción volumétrica (%).

Niveles	Contraccion Volumétrica (%)									
	Interno			Centro			Externo			Prom.
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	12.06	12.49	***12.28***	11.75	11.91	***11.83***	10.99	11.02	***11.01***	***11.70***
Medio	10.66	11.37	***11.01***	12.09	12.75	***12.42***	10.91	12.92	***11.91***	***11.78***
Ápice	8.82	9.01	***8.91***	10.36	9.11	***9.73***	12.00	9.94	***10.97***	***9.87***
Prom.	**10.51**	**10.95**		**11.40**	**11.26**		**11.30**	**11.29**		
Prom. Orient.	**10.73**			**11.33**			**11.30**			
Prom. Gral.				**11.12**						**11.12**

El cuadro 29, muestra los resultados de la contracción volumétrica en promedio, Para los niveles del fuste se determinó que el nivel medio presento mayor contracción (11.78%) seguido por la base y el ápice, en las secciones transversales la sección centro presento mayor contracción (10.33%) seguido por el externo e interno, en promedio general se obtuvo 11.12% de contracción volumétrica, según la clasificación de Arostegui (1982) para la contracción volumétrica esta especie en estudio estaría considerada como contracción volumétrica media.

Vásquez (1984) en el estudio realizado con la finalidad de determinar la variación de las propiedades físicas de la madera de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) en Puerto Almendras. Encontró que la contracción volumétrica a lo largo del eje del árbol tiende a disminuir hacia la copa ($p > 0.01$), más notable a partir de 1/3 de altura, este resultado concuerda con lo obtenido para *Zanthoxylum riedelianum* Engl que la contracción disminuye de base hacia el ápice.

a. Análisis de varianza de la contracción volumétrica.

Los resultados de la contracción volumétrica, fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existen diferencias entre las variables evaluadas, como se observa en los niveles es significativo ($p \leq 0.01$), sin embargo en las secciones transversales, orientaciones y demás relaciones e interrelaciones no hay diferencias significativas.

Cuadro 30. Análisis de varianza de la contracción volumétrica.

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	70.15	2	35.07	8.38	0.01	*
Secciones Transversales	6.71	2	3.35	0.80	0.45	ns
Orientaciones	0.21	1	0.21	0.05	0.82	ns
Niveles * Secciones Transversales	33.18	4	8.29	1.98	0.11	ns
Niveles * Orientaciones	17.66	2	8.83	2.11	0.13	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	1.39	2	0.69	0.17	0.85	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	8.21	4	2.05	0.49	0.74	ns
Error	301.47	72	4.19			
Total	11567.32	90				

*** =** *significativo***; ns =***no significativo*

Para ver las altas diferencias significativas en los niveles se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$

- **Prueba de Tukey para los niveles de la contracción volumétrica.**

Determinando la alta significancia entre las en las secciones transversales se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$, el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los datos promedios.

Cuadro 31. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste.

Tukey 0.95

NIVELES	N	VALORES (%)	Significancia	
MEDIO	30	11.78	a	
BASE	30	11.71	a	
ÁPICE	30	9.87		b

Los resultados de la prueba de Tukey, demuestra que no existe diferencia entre los niveles base y medio, sin embargo existen diferencias entre el nivel ápice con el medio y la base, siendo mayor el nivel medio (11.78%), seguido por la base (11.71%) y el nivel ápice (9.87 %). Esto significaria que el nivel àpice del fuste tendria menor contraccion volumetrica al momento del secado a comparacion del nivel base y medio.

4.3.5. Relación Tangencial/Radial (T/R)

Cuadro 32. Valores promedios de la relación tangencial/ radial (%).

Niveles	Relación Tangencial/ Radial (%)									
	Interno			Centro			Externo			Prom.
	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Este	Oeste	Prom	Niveles
Base	1.72	1.83	***1.78***	2.05	1.87	***1.96***	1.99	1.87	***1.93***	***1.89***
Medio	1.91	1.83	***1.87***	1.84	1.51	***1.67***	1.88	2.03	***1.96***	***1.83***
Ápice	1.64	1.57	***1.61***	1.69	1.74	***1.71***	1.73	1.62	***1.67***	***1.67***
Prom.	**1.76**	**1.75**		**1.86**	**1.71**		**1.86**	**1.84**		
Prom. Orient.	**1.75**			**1.78**			**1.85**			
Prom. Gral.	**1.80**									**1.80**

En el presente cuadro se observa la relación T/R en promedio. Según los niveles del fuste, la base presento mayor relación T/R (1.88%) seguido por el medio y el ápice, por ello se puede manifestar que el ápice presentaría mayor estabilidad con respecto a la base que tendria mayor tendencia a rajaduras y agrietamiento de la madera por tener una relación T/R más elevada, para las secciones transversales el externo presento mayor relación (1.85%) disminuyendo hacia el interno, con respecto a la orientación cardinal no se observan diferencias en los niveles ni en las secciones, en promedio se obtuvo 1.79% de relación T/R.

Según Oliveira y Silva, (2003), manifiesta que la relación entre la contracción tangencial y radial es llamada anisotropía y generalmente varía de 1,5 a 2,5 tornándose en un índice muy importante en los estudios de contracción de maderas ya que entre mayor sea esa relación, mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado.

Arostegui (1982) afirma que la contracción y expansión de la madera son los cambios dimensionales tanto en sentido radial, tangencial, longitudinal y en su volumen. La relación contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera y cuando la relación entre ambas se acerca a la unidad, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado; de acuerdo a esta clasificación la especie estudiada *Zanthoxylum riedeliaum* Engl se clasifica como estable.

a. Análisis de varianza de la relación T/R.

Los resultados de la contracción volumétrica fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), para determinar si existen diferencias entre las variables evaluadas, como se observa en los niveles es significativo ($p \leq 0.01$), sin embargo en las secciones

transversales, orientaciones y demás relaciones e interrelaciones no hay diferencias significativas.

Cuadro 33. Análisis de varianza de la relación T/R

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	0.81	2	0.41	3.11	0.05	*
Secciones Transversales	0.16	2	0.08	0.60	0.55	ns
Orientaciones	0.09	1	0.09	0.72	0.39	ns
Niveles * Secciones Transversales	0.51	4	0.13	0.97	0.43	ns
Niveles * Orientaciones	0.01	2	0.00	0.02	0.97	ns
Secciones Transversales * Orientaciones	0.09	2	0.05	0.37	0.69	ns
Niveles * Secciones Transversales * Orientaciones	0.35	4	0.09	0.67	0.61	ns
Error	9.40	72	0.13			
Total	301.54	90				

*** =** *significativo***; ns =***no significativo*

Para ver las altas diferencias significativas en los niveles se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$

- **Prueba de Tukey para los niveles de la relación T/R.**

Observando la alta significancia entre las en las secciones transversales se aplicó el test de rango múltiple de Tukey con $\alpha = 0,05$, el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los datos promedios.

Cuadro 34. Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste.

		VALORES		
NIVELES	**N**	**(%)**	**Significancia**	
BASE	30	1.89	a	
MEDIO	30	1.83	a	b
ÁPICE	30	1.66		b

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey demuestra que no existe diferencia entre los niveles base y medio, tampoco entre el nivel medio con el ápice, sin embargo existe una alta diferencia entre el nivel base con el nivel ápice siendo el nivel base (1.89%) con mayor porcentaje seguido por el medio (1.83%) y el nivel ápice (1.66 %).

b. Interacción de las contracciones en los niveles y secciones transversales del fuste.

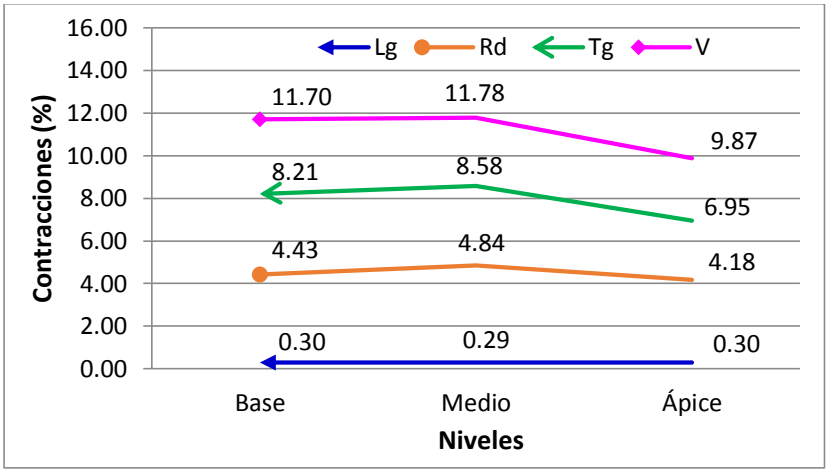


Figura 05. Determinación de las contracciones (Lg, Rd,Tg, y Vol)para los niveles del fuste del árbol.

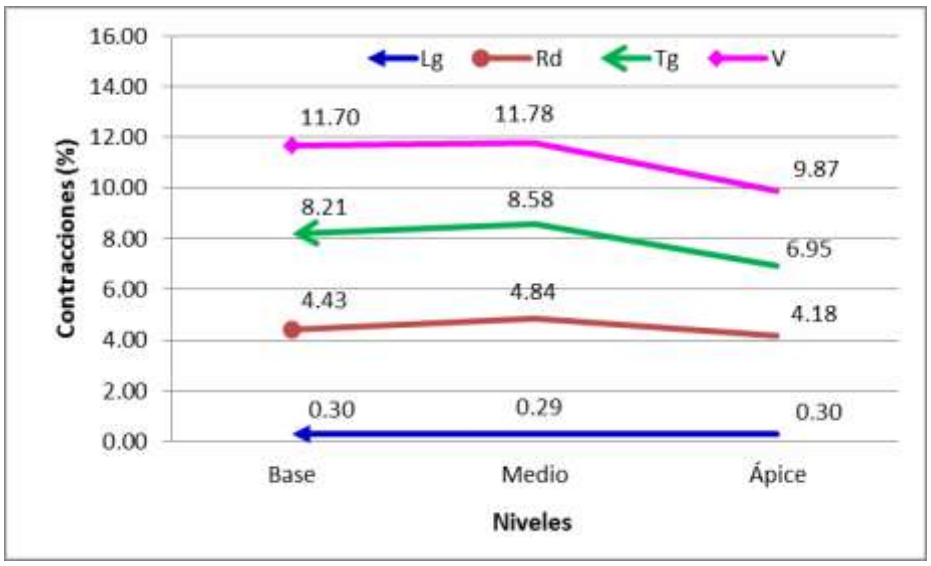


Figura 06. Determinación de las contracciones (Lg, Rd,Tg, y Vol) para las secciones transversales del fuste del árbol.

En las figuras 05 y 06 se muestran los resultados de las contracciones (Rd, Tg, Lg y Vol) en promedio para los niveles y secciones transversales del fuste del árbol, con respecto a los niveles en la contracción volumétrica se observa que la base presenta mayor contracción con respecto al ápice, según la clasificación de Arostegui (1982) el ápice estaría clasificada como densidad baja y la base como media; para la contracción volumétrica también se observa que el ápice también presenta menor contracción estos resultados podrían deducir por la actividad fotosintética que realizan las plantas y por la formación de madera tardía y temprana.

Chilecalifica (2005) manifiesta que en la contracción tenemos que considerar que la madera es un material anisotròpico, es decir, sus componentes varían según la dirección en que se mide. Esta característica se refleja en que la madera se contrae más en la dirección tangencial (tangente a los anillos de crecimiento) que en la dirección radial (perpendicular a los anillos) y que en la dirección longitudinal (paralela a la dirección de las fibras de la madera) aquí su contracción es muy pequeña y casi despreciable.

4.4. Propiedades físicas generales en promedio, de la madera *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja).

Cuadro 35. Propiedades físicas generales de la especie estudiada.

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÒN
Contenido de humedad saturada (CHs)	80.46	%	
Contenido de humedad seca al aire (CHe)	14.78	%	
Densidad saturada (DS)	0.85	g/cm^3	
Densidad anhidra (DA)	0.54	g/cm^3	
Densidad básica (DB)	0.47	g/cm^3	Media
Contracción longitudinal (Clg)	0.29	%	
Contracción radial (CRd)	4.48	%	
Contracción tangencial (CTg)	7.91	%	
Contracción volumétrica (CVol)	11.12	%	Media
Relación tangencial/radial (Tg/Rd)	1.79		Estable

El cuadro 36 muestra los resultados generales en promedio de las propiedades físicas estudiadas de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja) provenientes de la zona de Tournavista.

V. CONCLUSIONES.

El contenido de humedad saturada en promedio de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja) fue de 80.46 %, en cuanto a los niveles del fuste, el ápice presentó mayor contenido de humedad (82.40 %) seguido por la base y nivel medio; con respecto a las secciones transversales la sección interna presento mayor humedad (88.13%) disminuyendo hacia el externo, también se observó que la orientación oeste es relativamente mayor en contenido de humedad. Estos valores indicarían que para aplicar un programa de secado artificial se debe tener en consideración los niveles de altura del fuste ya que contienen diferentes porcentajes de humedad. Para la condición seca al aire en promedio se obtuvo 14.78%, con respecto a los niveles el nivel medio presento mayor humedad (14.80%) seguido por la base y el ápice; con respecto a las orientaciones del fuste no se encontraron altas diferencias

Las densidades en promedio para *Zanthoxylum riedelianum* Engl fueron: densidad saturada 0.85g/cm^3, con respecto a sus niveles la base presento mayor densidad saturada disminuyendo hacia el ápice, en las secciones se observó que se va incrementando de sección interna a la externa. La densidad anhidra fue de 0.54g/cm^3 con respecto a los niveles y secciones transversales fueron similares a la densidad saturada; la densidad básica fue 0.47g/cm^{3,} con respecto a los niveles del fuste la densidad fue disminuyendo de la base hacia el ápice y en las secciones transversales la densidad se incrementó de la interna a la externa, por lo tanto la especie en estudio pertenecería al grupo de densidad básica media. Con respecto a la orientación cardinal para las densidades no se observaron diferencias; estos datos permiten deducir que para un uso adecuado se debe trabajar las piezas por separado base, medio y ápice; también por las secciones debido a que la sección externa predomina en la densidad.

Las contracciones en promedio de la madera de *Zanthoxylum riedelianum* Engl fueron: radial 4.48%; tangencial fue de 7.91%, longitudinal 0.29%, volumétrica 11.12% y relación T/R 1.79% ello indica que es una especie estable que no presentará mayor corvadura en el secado, además por su contracción volumétrica media no se perdería mucho volumen al realizar el secado. Por ello también se puede manifestar que la contracción depende no solo del contenido de humedad sino también de la densidad ya que a mayor densidad de la madera, mayor es la contracción.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de las propiedades mecánicas y trabajabilidad de *Zanthoxylum riedelianum* Engl considerando las variables como procedencia y edad, a fin de poder conocer con mayor detalle sus características tecnológicas y de esa manera darle un uso adecuado en el campo industrial.

VII. BIBLIOGRAFIA.

- **ANANÍAS, R. 1992.** Física de la Madera. Departamento de ingeniería enmaderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41 p.

- **ARÓSTEGUI, A. 1982.** Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/02. Documento de trabajo N° 2. Lima, Perú. 57 p.

- **AROSTEGUI A, GONZALES V, SATO A. 1986**. Propiedades tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque nacional Alexander Von Humboldt – revista forestal del Perú. Lima – Perú 87 p.

- **BARBER, C. 1982.** On the nature and development of the corky excrescences on stems of *Zanthoxylum*. Annals of Botany 6:155-166.

- **CHILECALIFICA 2005,** Tecnología de la madera. Universidad de Talca, documento técnico nº01, programa Chilecalifica. Talca-Chile. 161 p

- **DANIEL, T. W; J. A. HELMS; F. S. BAKER. 1982.** Principios de silvicultura. Mc Graw-Hill, México. 492 p.

- **DELGADO, G. 1981**. Propiedades de la Madera. Universidad Nacional de los Andes. Escuela de ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 67 p.

- **DOWNES, G.M., HUDSON, I.L., RAYMOND, C.A., DEAN, G.H., MICHELL, A. J., SCHIMLECK, L. R., EVANS, R., MUNERI, A. 1997**. Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. CSIRO Publishing, Melbourne. Australia. 132 p.

- **FACHIN M, C. 1986.** Estudio de las propiedades físico – mecánicas y su variación en el tronco de la Parkiavelutina R. Benth (Pashaco curtidor), en los bosques de la plantación de Jenaro Herrera. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.– Perú 98p.

- **GALLO, A.G. 2009.** Características del secado al natural en técnicas de apilado triángulo y caballete de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum* Bentham "capirona". Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 101 p.

- **GONZALES, R. 1996.** Secado de madera. UNALM. Lima, Perú. 164 p.

- **GUZMAN, G. 1979.** Variación de algunas propiedades físicas y características anatómicas de Pinus caribea Morelt, provenientes de las plantaciones de Uverito. Estado de Monagas. Tesis M.Sc. Mérida – Venezuela. 81 p.

- **GRIGORIEV, M. 1985**. Estudio para materiales para ebanistas y carpinteros. Editorial MIR MOSCU-URSS. Moscú, Rusia. 246 p.

- **HOHEISEL, H. 1981**. Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. Universidad Nacional de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela. 51 p.

- **HOLDRIDGE L. R, 1947** "Determination of World Plant Formations From Simple Climatic Data", Science, 105(2727):367-368.

- **IGARTÚA, D.V., MONTEOLIVA, S. 2009**. Densidad básica de la madera de Acacia melanoxylon R. Br en relación con la altura de muestreo, el árbol y el sitio Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentación (INIA Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 2009 18(1), 110 p.

- **ITTO PD 37/88 (1991).** Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú. Proyecto ITTO, face I anexo III, Lima Peru. 84 p.

- **INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS.** s/f. Maderas: selección y colección de muestras. Norma ITINTEC 251.008. Lima, Perú. 12 p.

- **INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS.**s/f. Maderas: método de determinación del contenido de humedad. Norma ITINTEC 251.010. Lima, Perú. 2 p.

- **INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS**. s/f. Maderas: método de determinación de la densidad. Norma ITINTEC 251.011. Lima, Perú. 7 p.

- **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.
- **KOLLMAN, F. 1957.** Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Instituto Forestal de Investigación, Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid – España, 675 p.

- **KOLLMAN, F. 1959.** Tecnología de la madera y sus aplicaciones Tomo I – Traducción de la 2da edición. Ministerio de agricultura – Instituto Forestal de Investigación, Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid – España, 647 p.

- **LEON, H., ESPINOZA DE PERNIA, N. 2001**. Anatomía de la madera. Universidad de Los Andes. Talleres Gráficos Universitarias. Mérida, Venezuela. 397 p

- **MAE** (Ministerio del Ambiente del Ecuador); **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). **2014**. Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador. Quito.105p.

- **OLIVEIRA, J. T., SILVA, J.C. 2003**. Variaciâo radial da retratibilida de densidades básica da madeira de Eucalyptus saligna Sm.". Revista Árvore, Vicosa-MG. 27(3):381-385.

- **OMONTE, M., VALENZUELA, L. 2011**. Variación radial y longitudinal de la densidad básica en árboles de *Eucalyptus regnans* de 16 años. Maderas. Ciencia y tecnología 13(2): 211-224

- **PADT – REFORT/JUNAC. 1989**. Manual del grupo andino para el secado de maderas. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales. Junta de acuerdo de Cartagena. Lima – Perú.

- **PANSHIN A. AND DE ZEEUW, C. 1980**. Textbook of wood technology, McGraw-Hill series in forest resources. McGraw – Hill Book Company. New York.

- **PÉREZ, V. 1983.** Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 451 p.

- **QUEVEDO, 1994.**Análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas de la madera de *Triplaris cumingiana.* Disponible en línea en: http://www.uteq.edu.ec/ facultades/ambientales/investigaciones/13.pdf.

- **R. SPICHIGER & AL (1990)**. Contribución a la flora de la amazonia peruana. Vol II. Geneve 565 pp.

- **SILVA, J.C. 2005**. Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especia forestal Madero Negro. 80 pp.

- **SOLANO, O. 1998**. Seminario Sobre Diseño Ingeniería y Proceso de Secado de Maderas Tropicales. Centro Nacional de la Madera, Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA". Medellín, Colombia. 45 p.

- **SOTO, T. 1982.** Apuntes de propiedades físicas de la madera. Iquitos – Perú. UNAP. 41 p.

- **TORRES, P. 2009**. Determinación d las propiedades físicas a tres niveles del fuste de cetico (*Cecropia sciadophylla* Mart.) en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 65 p.

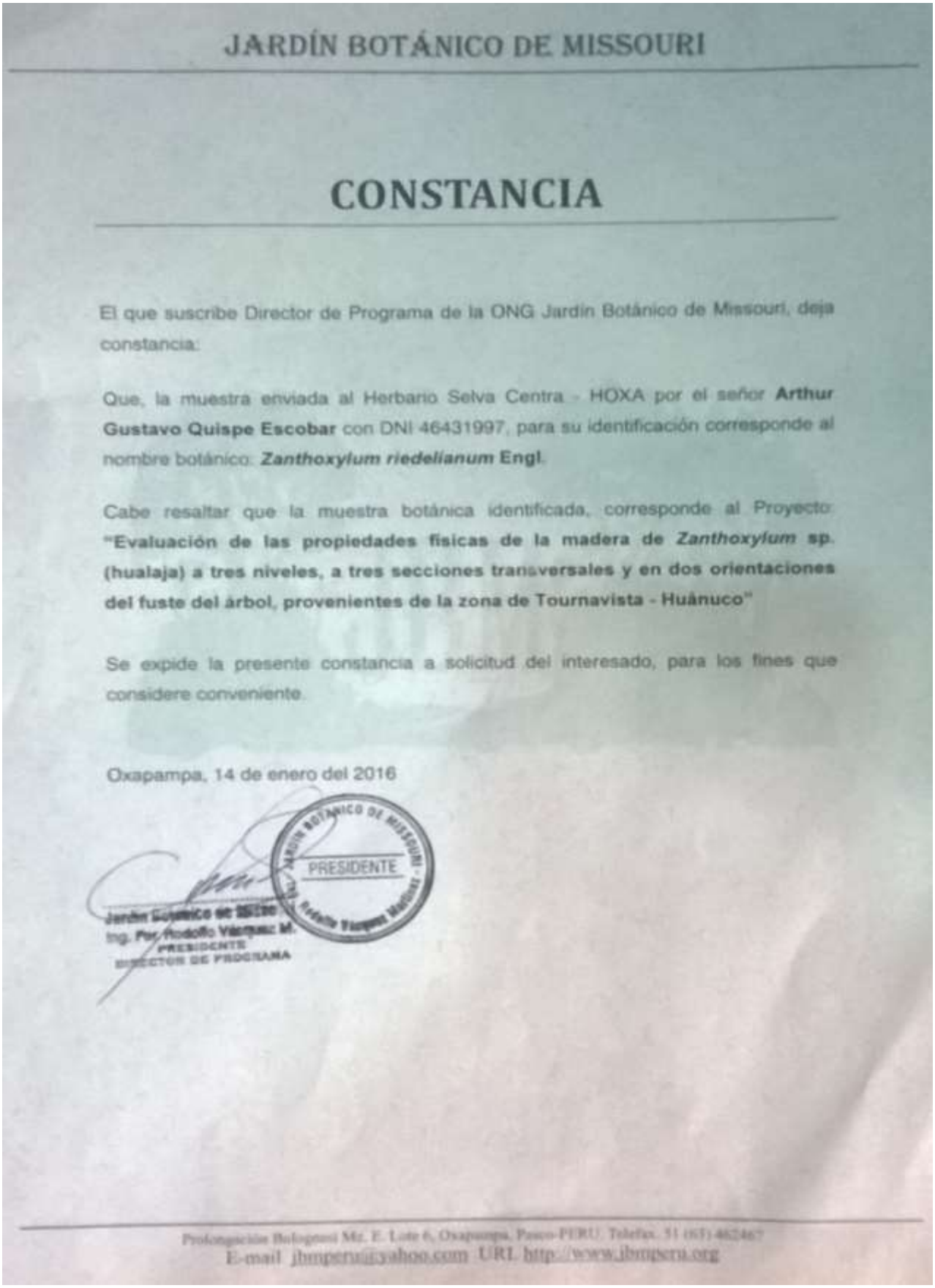
- **TUSET, R. 1989**. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Hemisferio Sur. Montevideo – Uruguay. 689 p.

- **VÁSQUEZ, C.L. 1984.** Variación de las propiedades físicas en la madera de *Simarouba Amara* Aubl. (marupa), proveniente de los bosques del CIEFOR Puerto Almendras. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú.

- **VIZCARRA, S. 1998**. Guía para el secado de la madera en horno. Proyecto de manejo forestal sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz, Bolivia. 64 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 01: Certificado de acreditación de *Zanthoxylum riedelianum* Engl**.**



JARDÍN BOTÁNICO DE MISSOURI

CONSTANCIA

El que suscribe Director de Programa de la ONG Jardín Botánico de Missouri, deja constancia:

Que, la muestra enviada al Herbario Selva Centra - HOXA por el señor **Arthur Gustavo Quispe Escobar** con DNI 46431997, para su identificación corresponde al nombre botánico: ***Zanthoxylum riedelianum* Engl**.

Cabe resaltar que la muestra botánica identificada, corresponde al Proyecto: **"Evaluación de las propiedades físicas de la madera de *Zanthoxylum* sp. (hualaja) a tres niveles, a tres secciones transversales y en dos orientaciones del fuste del árbol, provenientes de la zona de Tournavista - Huánuco"**

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que considere conveniente.

Oxapampa, 14 de enero del 2016

PRESIDENTE

Ing. Rodolfo Vásquez M.
PRESIDENTE
DIRECTOR DE PROGRAMA

Prolongación Bolognesi Mz. F. Lote 6, Oxapampa, Pasco-PERU. Telefax. 51 (63) 462467
E-mail jbmperu@yahoo.com URL http://www.jbmperu.org

Anexo 02: Datos generales de la especie estudiada (*Zanthoxylum riedelianum* Engl)

N° Árbol	Circunf. (cm)	DAP (cm)	Alt total (m)	Alt comercial (m)	Altitud (msnm)	coordenadas	
						x	y
1	65	20.69	15	9	216	523945	9014760
2	65	20.69	12	8.8	212	523794	9014605
3	64	20.37	14	10	222	523729	9014598
4	60	19.1	17	12	209	523763	9014655
5	64	20.37	13	8	210	523787	9014682

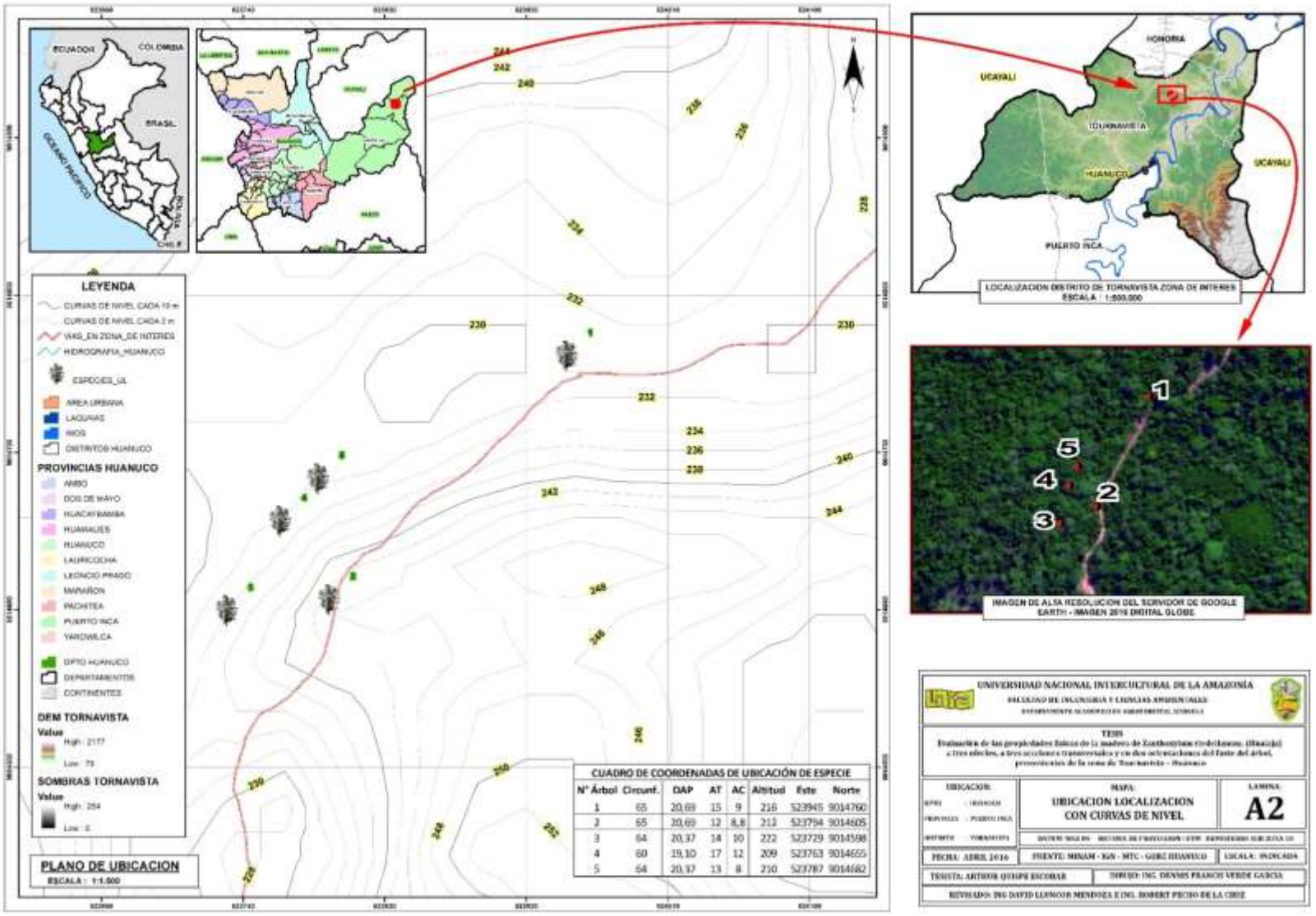
leyenda.

DAP: Diàmetro a la altura del pecho

Alt total: Altura total del arbol

Alt comercial: Altura comercial del fuste

Anexo 03: Plano de la ubicación de las cinco arboles de hualaja en la zona de Tournavista.



Anexo 04: Datos de las evaluaciones realizadas a las probetas de hualaja para la determinación de propiedades físicas

N° Árboles	Niveles	Sección transver.	Orientac	datos humedos fresco					datos seco al aire				
				Peso húmedo (g)	Volumen (cm^3)	Dimensiones (mm)			Peso anhidro (g)	Volumen (cm^3)	Dimensiones (mm)		
						Longitudinal	Tangencial	Radial			Longitudinal	Tangencial	Radial
1	Base	Interno	Este	39.343	39.800	97.770	19.971	20.595	20.067	34.200	97.590	18.111	19.105
			Oeste	40.457	40.700	97.290	20.454	20.568	19.409	34.900	97.290	18.452	19.273
		Centro	Este	38.209	40.100	97.720	20.391	20.614	21.251	35.500	97.720	18.560	19.627
			Oeste	37.535	41.100	97.560	20.694	20.628	18.724	35.800	97.170	18.640	19.485
		Externo	Este	40.571	40.100	98.360	20.245	20.497	25.888	35.900	97.950	18.665	19.634
			Oeste	41.211	40.400	97.990	20.385	20.554	24.254	35.000	97.270	18.051	19.540
	Medio	Interno	Este	31.642	40.800	97.340	20.565	20.796	17.482	36.700	97.230	18.992	19.965
			Oeste	30.775	40.500	97.290	20.344	20.743	16.912	36.200	97.290	18.450	19.658
		Centro	Este	29.234	40.600	97.420	20.517	20.721	16.063	37.600	97.420	19.239	20.070
			Oeste	30.723	40.200	97.980	20.033	20.875	17.491	35.200	97.410	18.555	19.812
		Externo	Este	33.294	40.800	98.280	20.501	20.390	20.246	36.900	98.160	18.950	19.630
			Oeste	33.752	40.700	98.180	20.574	20.498	20.163	35.100	97.710	18.396	19.202
	Ápice	Interno	Este	25.905	40.000	97.920	20.701	20.249	14.572	36.900	97.790	19.209	19.462
			Oeste	25.845	40.200	97.920	20.160	20.568	13.980	37.100	97.720	18.964	19.790
		Centro	Este	29.589	39.500	97.850	19.896	20.575	16.616	36.300	97.560	18.655	19.935
			Oeste	31.357	39.700	98.080	20.742	20.751	17.153	36.600	97.820	18.337	19.927
		Externo	Este	35.438	40.100	98.320	20.277	20.467	20.415	36.000	97.920	18.846	19.560
			Oeste	36.680	39.200	98.380	20.133	20.295	21.280	35.600	98.310	18.865	19.501
2	Base	Interno	Este	40.085	40.600	98.110	20.422	20.441	20.802	36.000	97.540	18.856	19.530
			Oeste	38.710	40.500	97.830	20.398	20.393	19.164	34.800	97.470	18.762	19.317
		Centro	Este	38.860	40.600	97.810	20.537	20.465	21.899	36.500	97.570	19.087	19.661
			Oeste	38.366	40.400	97.850	20.109	20.536	20.207	35.400	97.470	18.373	19.681
		Externo	Este	40.412	40.900	97.960	20.781	20.458	24.593	37.000	97.510	19.362	19.784
			Oeste	39.995	40.100	98.070	20.539	20.077	24.593	35.800	97.760	18.998	19.275
	Medio	Interno	Este	31.295	40.100	97.990	20.092	20.445	17.044	36.800	97.570	18.664	19.833
			Oeste	30.134	40.300	97.670	20.770	20.583	16.199	36.000	97.670	18.641	19.543
		Centro	Este	34.263	41.000	97.930	20.253	20.530	19.027	36.300	97.620	18.976	19.781
			Oeste	33.055	40.600	97.700	20.474	20.609	18.246	36.300	97.630	18.705	19.739
		Externo	Este	36.610	41.200	98.290	20.272	20.596	19.529	37.800	97.740	18.631	19.839
			Oeste	33.870	40.900	97.910	20.914	20.465	18.345	36.100	97.910	18.914	19.889
	Ápice	Interno	Este	28.297	40.300	97.820	20.403	20.280	14.631	36.400	97.640	19.386	19.526
			Oeste	28.885	39.500	98.350	20.063	20.337	15.682	35.600	97.590	18.644	19.474
		Centro	Este	35.411	39.800	98.030	20.273	20.201	19.543	35.100	97.780	18.729	19.195
			Oeste	34.417	40.000	97.840	20.280	20.378	18.843	35.800	97.670	18.896	19.487
		Externo	Este	37.559	38.800	98.220	19.843	20.560	20.316	34.100	97.820	18.239	19.474
			Oeste	34.359	38.200	97.690	20.306	19.517	18.154	34.400	97.690	19.051	18.738

N° Árboles	Niveles	Sección transver.	Orientac	datos humedos fresco					datos seco al aire				
				Peso húmedo (g)	Volumen (cm^3)	Dimensiones (mm)			Peso anhidro (g)	Volumen (cm^3)	Dimensiones (mm)		
						Longitudinal	Tangencial	Radial			Longitudinal	Tangencial	Radial
3	Base	Interno	Este	32.724	40.300	97.820	20.228	20.374	17.652	35.300	97.710	18.514	19.455
			Oeste	33.168	39.900	97.770	20.040	20.161	17.574	35.300	97.720	18.455	19.483
		Centro	Este	35.678	40.300	97.610	20.375	20.165	21.831	34.900	97.420	18.564	19.213
			Oeste	36.469	41.000	98.240	20.511	20.485	21.758	36.000	98.130	18.857	19.524
		Externo	Este	40.779	40.500	98.140	20.429	20.457	23.901	36.300	98.060	18.685	19.620
			Oeste	38.695	40.700	98.260	20.377	20.362	23.276	36.500	98.000	18.835	19.594
	Medio	Interno	Este	28.960	40.000	97.800	20.449	20.236	16.519	35.300	97.560	18.689	19.271
			Oeste	32.909	39.100	97.450	20.410	19.767	18.611	32.600	97.040	18.101	18.473
		Centro	Este	35.428	40.100	97.700	20.545	20.161	19.191	34.800	97.340	18.670	19.110
			Oeste	38.788	40.700	97.510	20.370	20.551	21.552	33.900	97.340	18.196	19.038
		Externo	Este	38.368	40.200	97.750	20.496	20.450	19.877	34.700	97.640	18.464	19.298
			Oeste	39.361	40.600	97.730	20.483	20.489	21.159	35.900	97.700	18.706	19.527
	Ápice	Interno	Este	35.669	39.500	97.520	20.010	20.464	19.418	35.500	97.080	18.775	19.461
			Oeste	35.480	39.000	97.350	19.962	20.300	19.648	35.400	97.020	18.604	19.372
		Centro	Este	37.130	40.300	97.950	20.244	20.495	20.180	36.200	97.500	18.900	19.714
			Oeste	36.396	40.440	97.560	20.290	20.420	20.150	35.620	97.530	18.310	19.720
		Externo	Este	37.225	40.000	98.330	20.484	19.995	20.526	35.400	98.010	19.090	19.203
			Oeste	37.162	39.400	97.720	20.151	20.284	20.084	36.200	97.650	18.881	19.556
4	Base	Interno	Este	35.968	40.500	98.000	20.669	20.050	17.959	35.500	97.260	18.866	19.061
			Oeste	35.389	40.400	97.790	20.531	20.390	16.739	35.600	97.750	18.987	19.570
		Centro	Este	34.326	39.800	97.460	20.343	20.284	19.378	34.600	97.270	18.446	19.320
			Oeste	33.310	40.500	98.100	20.048	20.549	17.874	35.900	97.810	18.469	19.692
		Externo	Este	39.870	40.200	97.870	20.358	20.577	23.472	34.500	97.210	18.326	19.521
			Oeste	36.966	40.600	98.410	20.243	20.465	22.594	36.300	98.180	18.728	19.578
	Medio	Interno	Este	27.310	40.700	97.920	20.519	20.738	15.102	36.500	97.850	18.611	19.809
			Oeste	28.765	40.000	97.730	20.238	20.568	15.877	35.700	97.520	18.200	19.555
		Centro	Este	30.935	40.300	98.120	20.517	20.210	17.638	34.100	97.460	18.394	19.341
			Oeste	32.784	39.700	98.000	19.991	20.620	17.925	34.200	97.450	18.258	19.295
		Externo	Este	38.068	40.100	98.550	19.807	20.691	21.747	34.500	97.770	17.703	19.571
			Oeste	37.518	40.700	97.810	20.191	20.944	21.614	33.800	97.410	18.258	19.680
	Ápice	Interno	Este	29.780	40.600	97.830	20.508	20.485	16.086	37.300	97.540	18.603	19.622
			Oeste	30.251	40.400	97.800	20.389	20.672	16.495	35.700	97.200	18.748	19.827
		Centro	Este	34.164	40.200	98.020	19.976	20.620	17.054	35.500	97.800	18.571	19.702
			Oeste	34.933	40.200	97.530	20.533	20.261	17.535	35.600	97.190	19.100	19.340
		Externo	Este	39.396	40.000	98.210	20.410	20.546	23.156	33.400	97.770	18.159	19.349
			Oeste	35.299	40.000	97.900	20.232	20.220	19.558	35.500	97.630	18.795	19.257

N° Árboles	Niveles	Sección transver.	Orientac	datos humedos fresco					datos seco al aire				
				Peso húmedo (g)	Volumen (cm^3)	Dimensiones (mm)			Peso anhidro (g)	Volumen (cm^3)	Dimensiones (mm)		
						Longitudinal	Tangencial	Radial			Longitudinal	Tangencial	Radial
5	Base	Interno	Este	33.062	40.400	98.570	20.419	20.065	15.924	36.300	98.030	19.016	19.359
			Oeste	33.137	40.100	98.330	20.707	19.913	16.873	35.800	97.880	19.101	19.083
		Centro	Este	32.247	40.100	98.310	20.606	20.115	19.157	35.800	98.310	18.655	19.420
			Oeste	32.338	40.000	98.370	20.234	20.230	18.294	35.700	98.000	19.379	19.778
		Externo	Este	34.809	40.400	99.080	20.232	20.124	21.961	36.200	98.610	18.735	19.369
			Oeste	36.424	39.600	98.270	20.200	20.108	23.620	35.600	98.270	18.725	19.072
	Medio	Interno	Este	30.868	40.900	97.980	20.540	20.881	17.677	35.600	97.430	18.867	19.628
			Oeste	28.161	40.400	97.690	20.222	20.822	15.177	37.100	97.500	19.085	20.074
		Centro	Este	31.148	40.000	98.030	20.284	20.648	18.591	34.800	97.640	18.674	19.430
			Oeste	30.314	39.400	97.830	20.222	20.248	17.804	35.400	97.340	18.963	19.226
		Externo	Este	35.358	39.600	98.200	20.046	20.147	21.229	36.000	98.200	18.794	19.277
			Oeste	38.241	40.700	97.920	20.502	20.369	22.195	36.400	97.640	18.904	19.407
	Ápice	Interno	Este	24.208	39.200	97.990	20.376	19.812	13.423	35.900	97.680	19.318	19.153
			Oeste	23.719	39.500	97.980	20.018	20.280	12.191	36.900	97.690	19.234	19.607
		Centro	Este	29.763	40.000	97.970	20.241	20.454	17.055	36.000	97.670	18.914	19.618
			Oeste	30.550	39.840	97.950	20.110	20.240	13.420	35.790	97.470	19.620	19.390
		Externo	Este	32.918	40.400	98.610	20.375	20.218	19.698	36.500	98.260	18.887	19.442
			Oeste	34.217	40.200	98.020	20.317	20.283	21.144	35.700	97.890	18.796	19.375

Anexo 05: Datos para el análisis de varianza para las diferentes variables *Zanthoxylum riedelianum* Engl.

Niveles	Secciones Transversales	Orientación	Repetición	CH° (%)	CHE(%)	DH (g/cm^3)	DA (g/cm^3)	DB (g/cm^3)	CTG (%)	CRD (%)	CLG (%)	CV (%)	T/R (%)
1	1	1	1	96.058	15.126	0.989	0.587	0.504	9.314	7.235	0.184	14.070	1.287
1	1	1	2	92.698	14.499	0.987	0.578	0.512	7.668	4.457	0.581	11.330	1.721
1	1	1	3	85.384	14.339	0.812	0.500	0.438	8.473	4.511	0.112	12.407	1.879
1	1	1	4	100.278	15.171	0.888	0.506	0.443	8.723	4.933	0.755	12.346	1.768
1	1	1	5	107.624	14.724	0.818	0.439	0.394	6.871	3.519	0.548	10.149	1.953
1	1	2	1	108.445	15.257	0.994	0.556	0.477	9.788	6.296	0.000	14.251	1.555
1	1	2	2	101.993	14.850	0.956	0.551	0.473	8.020	5.276	0.368	14.074	1.520
1	1	2	3	88.733	14.466	0.831	0.498	0.440	7.909	3.363	0.051	11.529	2.352
1	1	2	4	111.416	15.001	0.876	0.470	0.414	7.520	4.022	0.041	11.881	1.870
1	1	2	5	96.391	14.782	0.826	0.471	0.421	7.756	4.168	0.458	10.723	1.861
1	2	1	1	79.799	14.924	0.953	0.599	0.530	8.979	4.788	0.000	11.471	1.875
1	2	1	2	77.451	14.010	0.957	0.600	0.539	7.060	3.929	0.245	10.099	1.797
1	2	1	3	63.428	14.679	0.885	0.626	0.542	8.888	4.721	0.195	13.400	1.883
1	2	1	4	77.139	14.917	0.862	0.560	0.487	9.325	4.753	0.195	13.065	1.962
1	2	1	5	68.330	15.562	0.804	0.535	0.478	9.468	3.455	0.000	10.723	2.740
1	2	2	1	100.465	15.076	0.913	0.523	0.456	9.926	5.541	0.400	12.895	1.791
1	2	2	2	89.865	14.485	0.950	0.571	0.500	8.633	4.163	0.388	12.376	2.074
1	2	2	3	67.612	14.624	0.889	0.604	0.531	8.064	4.691	0.112	12.195	1.719
1	2	2	4	86.360	15.020	0.822	0.498	0.441	7.876	4.171	0.296	11.358	1.889
1	2	2	5	76.768	13.925	0.808	0.512	0.457	4.226	2.234	0.376	10.750	1.891
1	3	1	1	56.717	15.071	1.012	0.721	0.646	7.804	4.210	0.417	10.474	1.854
1	3	1	2	64.323	14.710	0.988	0.665	0.601	6.828	3.295	0.459	9.535	2.073
1	3	1	3	70.616	14.610	1.007	0.658	0.590	8.537	4.092	0.082	10.370	2.086
1	3	1	4	69.862	15.452	0.992	0.680	0.584	9.981	5.132	0.674	14.179	1.945
1	3	1	5	58.504	14.700	0.862	0.607	0.544	7.399	3.752	0.474	10.396	1.972
1	3	2	1	69.914	14.838	1.020	0.693	0.600	11.450	4.933	0.735	13.366	2.321
1	3	2	2	62.628	14.584	0.997	0.687	0.613	7.503	3.995	0.316	10.723	1.878
1	3	2	3	66.244	14.595	0.951	0.638	0.572	7.567	3.772	0.265	10.319	2.006
1	3	2	4	63.610	14.840	0.910	0.622	0.557	7.484	4.334	0.234	10.591	1.727
1	3	2	5	54.208	14.673	0.920	0.663	0.596	7.302	5.152	0.000	10.101	1.417

Niveles	Secciones Transversales	Orientación	Repetición	CH° (%)	CHE(%)	DH (g/cm^3)	DA (g/cm^3)	DB (g/cm^3)	CTG (%)	CRD (%)	CLG (%)	CV (%)	T/R (%)
2	1	1	1	80.998	14.621	0.776	0.476	0.428	7.649	3.996	0.113	10.049	1.914
2	1	1	2	83.613	14.393	0.780	0.463	0.425	7.107	2.993	0.429	8.229	2.374
2	1	1	3	75.313	14.610	0.724	0.468	0.413	8.607	4.769	0.245	11.750	1.805
2	1	1	4	80.837	14.857	0.671	0.414	0.371	9.299	4.480	0.071	10.319	2.076
2	1	1	5	74.622	14.860	0.755	0.497	0.432	8.145	6.001	0.561	12.958	1.357
2	1	2	1	81.971	14.583	0.760	0.467	0.418	9.310	5.231	0.000	10.617	1.780
2	1	2	2	86.024	14.502	0.748	0.450	0.402	10.250	5.053	0.000	10.670	2.029
2	1	2	3	76.826	14.894	0.842	0.571	0.476	11.313	6.546	0.421	16.624	1.728
2	1	2	4	81.174	14.853	0.719	0.445	0.397	10.070	4.925	0.215	10.750	2.045
2	1	2	5	85.551	14.792	0.697	0.409	0.376	5.623	3.592	0.194	8.168	1.565
2	2	1	1	81.996	14.529	0.720	0.427	0.396	6.229	3.142	0.000	7.389	1.983
2	2	1	2	80.076	14.399	0.836	0.524	0.464	6.305	3.648	0.317	11.463	1.728
2	2	1	3	84.607	14.883	0.883	0.551	0.479	9.126	5.213	0.368	13.217	1.751
2	2	1	4	75.388	15.103	0.768	0.517	0.438	10.348	4.300	0.673	15.385	2.406
2	2	1	5	67.543	14.839	0.779	0.534	0.465	7.937	5.899	0.398	13.000	1.346
2	2	2	1	75.650	14.692	0.764	0.497	0.435	7.378	5.092	0.582	12.438	1.449
2	2	2	2	81.163	14.368	0.814	0.503	0.449	8.640	4.221	0.072	10.591	2.047
2	2	2	3	79.974	14.903	0.953	0.636	0.530	10.673	7.362	0.174	16.708	1.450
2	2	2	4	82.895	15.115	0.826	0.524	0.452	8.669	6.426	0.561	13.854	1.349
2	2	2	5	70.265	14.949	0.769	0.503	0.452	6.226	5.047	0.501	10.152	1.233
2	3	1	1	64.447	14.719	0.816	0.549	0.496	7.565	3.727	0.122	9.559	2.030
2	3	1	2	87.465	14.601	0.889	0.517	0.474	8.095	3.675	0.560	8.252	2.202
2	3	1	3	93.027	15.001	0.954	0.573	0.494	9.914	5.633	0.113	13.682	1.760
2	3	1	4	75.049	15.466	0.949	0.630	0.542	10.623	5.413	0.791	13.965	1.962
2	3	1	5	66.555	14.872	0.893	0.590	0.536	6.246	4.318	0.000	9.091	1.446
2	3	2	1	67.396	14.853	0.829	0.574	0.495	10.586	6.323	0.479	13.759	1.674
2	3	2	2	84.628	14.439	0.828	0.590	0.449	9.563	2.815	0.000	11.736	3.398
2	3	2	3	86.025	15.013	0.969	0.589	0.521	8.675	4.695	0.031	11.576	1.848
2	3	2	4	73.582	15.250	0.922	0.639	0.531	9.574	6.035	0.409	16.953	1.586
2	3	2	5	72.296	15.090	0.940	0.610	0.545	7.794	4.723	0.286	10.565	1.650

Niveles	Secciones Transversales	Orientación	Repetición	CH° (%)	CHE(%)	DH (g/cm^3)	DA (g/cm^3)	DB (g/cm^3)	CTG (%)	CRD (%)	CLG (%)	CV (%)	T/R (%)
3	1	1	1	77.772	14.461	0.648	0.395	0.364	7.207	3.887	0.133	7.750	1.854
3	1	1	2	93.404	13.759	0.702	0.402	0.363	4.985	3.718	0.184	9.677	1.341
3	1	1	3	83.690	14.926	0.903	0.547	0.492	6.172	4.901	0.451	10.127	1.259
3	1	1	4	85.130	15.122	0.733	0.431	0.396	9.289	4.213	0.296	8.128	2.205
3	1	1	5	80.347	14.759	0.618	0.374	0.342	5.192	3.326	0.316	8.418	1.561
3	1	2	1	84.871	14.399	0.643	0.377	0.348	5.933	3.783	0.204	7.711	1.568
3	1	2	2	84.192	14.028	0.731	0.441	0.397	7.073	4.243	0.773	9.873	1.667
3	1	2	3	80.578	14.883	0.910	0.555	0.504	6.803	4.571	0.339	9.231	1.488
3	1	2	4	83.395	15.150	0.749	0.462	0.408	8.048	4.088	0.613	11.634	1.969
3	1	2	5	94.562	14.467	0.600	0.330	0.309	3.916	3.319	0.296	6.582	1.180
3	2	1	1	78.075	14.398	0.749	0.458	0.421	6.237	3.111	0.296	8.101	2.005
3	2	1	2	81.195	14.547	0.890	0.557	0.491	7.616	4.980	0.255	11.809	1.529
3	2	1	3	83.994	14.941	0.921	0.557	0.501	6.639	3.811	0.459	10.174	1.742
3	2	1	4	100.328	15.109	0.850	0.480	0.424	7.033	4.452	0.224	11.692	1.580
3	2	1	5	74.512	14.736	0.744	0.474	0.426	6.556	4.087	0.306	10.000	1.604
3	2	2	1	82.808	14.556	0.790	0.469	0.432	11.595	3.971	0.265	7.809	2.920
3	2	2	2	82.651	14.130	0.860	0.526	0.471	6.824	4.372	0.174	10.500	1.561
3	2	2	3	80.578	14.345	0.915	0.565	0.507	6.803	4.571	0.339	9.231	1.488
3	2	2	4	99.219	15.189	0.869	0.493	0.436	6.979	4.546	0.349	11.443	1.535
3	2	2	5	94.562	14.425	0.752	0.489	0.456	3.916	3.319	0.296	6.582	1.180
3	3	1	1	73.588	15.036	0.884	0.567	0.509	7.057	4.432	0.407	10.224	1.593
3	3	1	2	84.874	14.991	0.968	0.596	0.524	8.083	5.282	0.407	12.113	1.530
3	3	1	3	81.355	15.214	0.931	0.580	0.513	6.805	3.961	0.325	11.500	1.718
3	3	1	4	70.133	15.414	0.985	0.693	0.579	11.029	5.826	0.448	16.500	1.893
3	3	1	5	67.113	14.861	0.815	0.540	0.488	7.303	3.838	0.355	9.653	1.903
3	3	2	1	72.368	14.792	0.936	0.598	0.543	6.298	3.912	0.071	9.184	1.610
3	3	2	2	89.264	14.638	0.899	0.528	0.475	6.180	3.991	0.000	9.948	1.548
3	3	2	3	85.033	15.048	0.943	0.555	0.510	6.302	3.589	0.072	8.122	1.756
3	3	2	4	80.484	15.240	0.882	0.551	0.489	7.103	4.763	0.276	11.250	1.491
3	3	2	5	61.828	15.070	0.851	0.592	0.526	7.486	4.477	0.133	11.194	1.672

ICONOGRAFÍA

Anexo 06: Ubicación de la especie.





Anexo. 07: Marcado de los arboles seleccionados.



Anexo 08: Talado y obtención de las rodajas del árbol.





Anexo09: Identificación de la especie







Muestra en la estufa



Montaje y etiquetado de la muestra

Anexo 10: Obtención de las probetasde *Zanthoxylum riedelianum.*





Anexo 11: Codificado de probetasde *Zanthoxylum riedelianum.*





Anexo 12: Secado al aire libre y a estufa de la probetas en evaluaciónde *Zanthoxylum riedelianum*



Secado al aire libre



secado en estufa

Anexo 13: Evaluación de probetas en laboratoriode *Zanthoxylum riedelianum*



Medición de la humedad relativa



Pesada de las probetas



Medición longitudinal



Medición tangencial