

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**VARIABILIDAD LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DE LAS
PROPIEDADES FISICAS DE *Bixa Platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G
Don. (ACHOTILLO), EN CODO DE POZUZO, HUÁNUCO.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

TACUCHE CERVANTES, Yovani Max

PROMOCIÓN 2013

Tingo María – Perú

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 002-2020-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de Marzo de 2020, a horas 11:10 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“VARIABILIDAD LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE Bixa sp. (ACHOTILLO) EN CODO DE POZUZO, HUÁNUCO”

Presentado por el Bachiller, **TACUCHE CERVANTES, Yovani Max**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 04 de Marzo de 2020

Ing, Mg. Sc. **RICARDO OCHOA CUYA**
PRESIDENTE

Ing. **RAÚL ARAUJO TORRES**
MIEMBRO

Ing. **JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**
MIEMBRO



Ing. M.Sc. **ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ**
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme la existencia en este mundo, por darme fuerzas cada día para conseguir alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos(as) Wilder, Jhon, Vicky, Noelia, Karen, Sarita, Gloria, Yoselin, Dalila por sus buenos consejos y apoyo incondicional durante mi desarrollo personal y profesional.

A mis padres Macario y Amanda por traerme a este mundo y brindarme todo el cariño, amor, apoyo y consejos durante toda mi vida.

A mis cuñados Jhon, Kike, Jhonson, Sergio y queridos sobrinos Deyner, Iker, Daniel, Junior, Dambler y Erick.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la selva, en especial a la facultad de Recursos Naturales Renovables – Escuela Profesional de ingeniería forestal que contribuyo en mi formación profesional

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal nuestro reconocimiento por habernos guiado a lo largo de nuestra formación profesional.

A la empresa REFOLASA (Empresa Latinoamericana S.A.) por brindar el apoyo y tiempo para la realización de la tesis. Y al Ing. Jenner LOPEZ INOCENTE, por su confianza y haber brindado las facilidades de extraer las muestras para la realización del presente trabajo de investigación.

A mis hermanos (as). Wilder, Jhon, Noelia Karen, y Sarita por el apoyo económico y logístico durante toda mi tesis.

Al Ing. PECHO DE LA CRUZ, Robert docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, por asesoramiento y valioso apoyo para la ejecución de la presente tesis

A mis amigos (as): Jordi, Gabriel, Franz, Mauricio, Alonso, shane, Keyla, entre otros, quienes compartieron conmigo invaluables momentos durante mi formación profesional.

RESUMEN

En el Perú existen diversos estudios realizados en propiedades físicas de diferentes especies más comerciales, sin embargo, para la plantación de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Achotillo) no se han realizado estudios para esta especie en tal sentido en esta investigación se planteó los siguientes objetivos: Evaluar la variabilidad longitudinal y transversal de las propiedades físicas de la madera, Estimar el contenido de humedad saturada y seca al aire, cálculo de la consistencia: básica saturada y anhidra; Determinar las contracciones: volumétrica, radial, longitudinal, tangencial y relación tangencial/radial en distintas alturas del fuste (base, medio y ápice). Para lo cual se estudió a 05 árboles de una sola especie de donde se obtuvo 90 ejemplares experimentales (probetas). escudriñamiento realizado en el Laboratorio de Anatomía de la madera de la UNAS, Facultad de Recursos Naturales Renovables – Escuela Profesional de Ingeniería Forestal. Con diseño en Bloque Completo al Azar (DBCA) mediante ajuste factorial. Obteniendo un resultado de contenido de humedad en condición húmeda fue de 108.91% en promedio y en condición seca al aire 14,94%, seguidamente para la densidad saturada fue de 0.69 g/cm³, anhidra 0.37 g/cm³ y básica 0.33 g/cm³, Las contracciones en promedio fueron: longitudinal 0.29%, volumétrica 9,52%, relación T/R 2.1%, radial 5,20% y tangencial 8,46%. la especie estudiada pertenece a una madera de densidad baja y estable respecto a las permutas dimensionales.

ABSTRACT

In Peru diverse studies on the physical properties of different, more commercial species, have been done, nonetheless, for the planting of *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Rambutan) studies have not been done for this species, with this in mind, in this research the following objectives were proposed: to evaluate the longitudinal and cross-sectional variability of the physical properties of the wood, to determine the saturated and dry humidity content in the air, to determine the saturated, basic and anhydrous density; to determine the radial, tangential, longitudinal, volumetric contractions and the tangential/radial relationship at different trunk heights (base, middle and apex). To do this, five trees of the same species were used, from which ninety experimental samples were obtained (test tubes). This research was carried out in the Wood Anatomy Laboratory at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, Faculty of Natural Renewable Resources – Professional School of Forest Engineering. The completely randomized block design (CRBD; DBCA in Spanish) was used with a factorial arrangement. The obtained result for the humidity content under humid conditions was 108.91%, on average, and under dry air conditions, 14.94%, next, for the saturated density it was 0.69 g/cm³, the anhydrous was 0.37 g/cm³ and the basic was 0.33 g/cm³, on average the contractions were: 5.20% radial, 8.46% tangential, 0.29% longitudinal, 9.52% volumetric and a T/R relationship of 2.1%. The specie in study belongs to a low-density wood and is stable with respect to the dimensional changes.

.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos de la investigación.....	1
1.1.1. Objetivo general	1
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes de las propiedades físicas	3
2.2. Variación de las propiedades físicas	6
2.2.1 Densidad.....	7
2.2.1.1. Densidad básica de la madera.....	8
2.2.2 Contenido de humedad	9
2.2.1.2. Contenido de humedad en equilibrio.....	10
2.2.1.3. La contracción de la madera	10
2.2.3 Agua en la madera	12
2.2.4 Sorción en la madera	12
2.2.5 Encogimiento de la madera.....	12
2.2.5.1. Encogimiento transversal y volumétrico	12
2.2.6 Punto de saturación de la fibra.....	14
2.2.7 Influencia en la madera de los factores internos y externos	14
2.2.8 Factores que inciden en el secado de la madera	15
2.2.8.1. Influencia de la estructura anatómica.....	15
2.2.9 Higroscopicidad	15
2.2.10 Anisotropía.....	15
2.2.11 Cambios dimensionales	16
2.2.12 Métodos de determinación de las propiedades físicas	16
2.2.13 Descripción general de la especie.....	17
2.2.13.1. Taxonomía.....	17
2.2.14 Descripción botánica de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo).....	18
2.2.15 Ecología y distribución	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19

3.1.	Ubicación del área de trabajo.....	19
3.2.	Descripción de la plantación	19
3.3.	Clima	20
3.4.	Zona de vida	20
3.5.	Materiales y equipo.....	20
3.5.1.	Equipos	20
3.5.2.	Materiales de campo	22
3.6.	Criterio de investigación.....	21
3.6.1.	Tipo de investigación.....	21
3.6.2.	Nivel de investigación.....	21
3.7.	Métodos.....	21
3.7.1.	Planificación	21
3.7.2.	Fase de campo.....	21
3.7.3.	Extracción de <i>Bixa platycarpa</i> Ruiz & Pav. Ex G. Don (Achotillo) .	22
3.7.4.	Acondicionamiento de las muestras.	22
3.7.5.	Preparación de las probetas.....	23
3.7.6.	Codificación de las probetas:.....	23
3.7.7.	Determinación de las propiedades físicas	25
3.7.7.1.	Método de determinación del contenido de humedad	25
3.7.7.2.	Método de determinación de la densidad.....	26
3.7.7.3.	Método de determinación de la contracción.....	28
3.7.8.	Diseño de la investigación	30
3.7.8.1.	Diseño descriptivo - correlacional	30
3.7.8.2.	Unidad experimental.....	30
3.7.9.	Modelo estadístico.....	31
3.7.9.1.	Modelo aditivo lineal	31
3.7.10.	Población y muestra.....	31
3.7.10.1.	Población	31
3.7.10.2.	Muestra.....	31
IV.	RESULTADOS	33

4.1.	Determinación del contenido de humedad saturada y seca al aire de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.	33
4.1.1.	Contenido de humedad saturada.....	33
4.1.2.	Análisis de varianza del contenido de humedad saturad	34
4.1.3.	Prueba de Tukey para los niveles de contenido de humedad saturada.....	34
4.1.4.	Contenido de humedad seca al aire.	36
4.1.5.	Análisis de varianza del contenido de humedad seca al aire.	36
4.2.	Determinación de las densidades: saturada, anhidra y básica de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.	37
4.2.1.	Densidad saturada	37
4.2.2.	Análisis de varianza de la densidad saturada	38
4.2.3.	Densidad anhidra	40
4.2.4.	Análisis de varianza para la densidad anhidra.....	41
4.2.5.	Densidad básica	41
4.2.6.	Análisis de varianza de la densidad básica	42
4.3.	Determinación de las contracciones: longitudinal, tangencial radial, volumétrica y relación tangencial /radial de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.	43
4.3.1.	Contracción longitudinal	43
4.3.2.	Análisis de varianza de la contracción longitudinal.	44
4.3.3.	Prueba de Tukey para los niveles de la contracción longitudinal ..	44
4.3.4.	Contracción tangencial	46
4.3.5.	Análisis de varianza de la contracción tangencial.....	46
4.3.6.	Contracción radial.....	48
4.3.7.	Análisis de varianza de la contracción radial.	48
4.3.8.	Prueba de Tukey para las secciones transversales de la contracción radial	49
4.3.9.	Contracción volumétrica.	51
4.3.10.	Análisis de varianza de la contracción volumétrica.....	52
4.3.11.	Prueba de Tukey para las secciones transversales de contracción volumétrica.	53

4.3.12.	Relación tangencial /radial (T/R).	53
4.3.13.	Análisis de varianza de la relación T/R.....	54
4.3.14.	Propiedades físicas generales en promedio de la madera <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo).	55
V.	DISCUSIÓN.....	56
5.1.	Del contenido de humedad saturada y seca al aire de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.	56
5.2.	De la densidad saturada de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.	56
5.3.	De la densidad anhidra y básica de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol	57
5.4.	De la contracción longitudinal de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.	57
5.5.	De la contracción radial y tangencial de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.....	58
5.6.	De la relación T/R de <i>Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don</i> (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.....	58
VI.	CONCLUSIONES.....	59
VII.	RECOMENDACIONES.....	60
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
IX.	ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	pagina
1 Clasificación de la madera por su densidad	7
2 Clasificación de la densidad básica según la norma ASTM, 2395.....	9
3 Denominación de la madera en función al contenido de humedad	10
4 Clasificación de la madera según contracción volumétrica	10
5. Clasificación según la relación de contracción tangencial y radial.....	11
6 Clasificación de la madera según su relación de estabilidad RT/R	13
7, Estado de la Madera Según el % de Humedad.....	14
8. Datos generales de los cinco árboles.....	32
9 Contenido de humedad saturada	33
10 Análisis de varianza del contenido de humedad saturada	34
11 Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste	35
12 contenido de humedad seca al aire.....	¡Error! Marcador no definido.
13 Análisis de varianza del contenido de humedad seca al aire	37
14 Valores promedios de la densidad saturada	38
15 Análisis de varianza de la densidad saturada	38
16 Valores promedios de la densidad anhidra	41
17 Análisis de varianza para la densidad anhidra	41
18 Valores promedios de la densidad básica	42
19 Análisis de varianza de la densidad básica	42
20 Valores promedios de la contracción longitudinal.....	43
21 Análisis de varianza de la contracción longitudinal.....	44
22 Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste	45
23 valores promedios de la contracción tangencial	46
24 Análisis de varianza de la contracción tangencial	47

25 valores promedios de la contracción radial	48
26 Análisis de varianza de la contracción radial	49
27 Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para las sección transversal del fuste.....	50
28 valores promedios de la contracción volumétrica	51
29 Análisis de varianza de la contracción volumétrica	52
30 Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para las secciones transversales del fuste.	53
31. valores promedios de la relación tangencial /radial (T/R)	54
32. Análisis de varianza de la relación T/R	54
33 Propiedades físicas generales de la especie estudiada	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	pagina
1. Diseño para obtención de probetas (Quispe, 2014)	24
2. Ubicación de los niveles de corte a realizar longitudinalmente en el árbol. .	24
3 Contenido de humedad saturada en los tres niveles de <i>Bixa platycarpa</i> Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).	36
4 Relación de la densidad saturada en los niveles con las secciones transversales	39
5 contraccion longitudinal en los tres niveles de <i>Bixa platycarpa</i> Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).....	45
6 Relación de la contracción radial en los niveles con las secciones transversales	47
7 Contraccion tangencial en las secciones transversales de <i>Bixa platycarpa</i> Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).	50
8 Relación de la contracción radial en los niveles con las secciones transversales	51
9 Ubicación de los árboles de <i>Bixa platycarpa</i> Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).....	82
10 marcado de los árboles seleccionados	82
11 Registro del diámetro de los arboles	83
12 Tumbado de los arboles seleccionados	83
13 Medición de altura (HC, HT), y las secciones (Base, Medio y Ápice).	84
14 Obtención de las rodajas del árbol	84
15 Envió de muestra para la identificación del árbol	85
16 Obtención de las probetas	85
17 Codificación de las probetas	86
18 Secado al aire libre	86

19 Secado en la estufa	87
20 Medición de la contracción radial y tangencial	87
21 Medición de las contracciones longitudinales.....	88
22 Evaluación diaria del peso al aire libre	88
23 Verificación del contenido de humedad en el ambiente del secado al aire libre.....	89
24 Inmersión de probeta por el método de Arquímedes para el volumen.....	89
25 Árbol de <i>Bixa platycarpa</i> Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).	90

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos en la región amazónica, principalmente en el Codo del Puzuzo se están realizando plantaciones forestales de diferentes especies tales como Bolaina blanca (*Guazuma crinita Mart*), Marupa (*Simaoruba amara Aublet, PL.*) y Achotillo (*Bixa platycarpa Ruiz & Pav. Ex G. Don*), estas plantaciones se han instalado a partir del año 2005 por parte de la Empresa Reforestadora Latinoamericana (REFOLASA), con fines comerciales. Actualmente se viene aprovechando estas especies para la producción de parihuelas, embalaje, cajonería, pies derechos, entre otros. Sin tener en consideración los conocimientos de sus propiedades físicas como son el contenido de humedad, densidad y cambio dimensional.

La *Bixa platycarpa Ruiz & Pav. Ex G. Don* (Achotillo), es una especie de rápido crecimiento, pero existen pocos estudios sobre sus propiedades físicas y mecánicas, es decir, existe poca información sobre análisis, por lo que es imposible declarar los siguientes usos que se le pueden asignar a la especie, y existe una falta de conocimiento relevante. Redujo su rendimiento a diferentes alturas y niveles de sección transversal del tallo, y redujo su uso en silvicultura. generando interrogantes como ¿Cuál será la variabilidad longitudinal y transversal de las propiedades físicas del *Bixa*

platycarpa Ruiz & Pav. Ex G. Don (Achotillo), provenientes de una plantación en la zona Codo del Pozuzo- Huánuco?.

Asimismo, la madera es un material leñoso, que tiene propiedades y características que dependen no solo de su distribución sino, de su constitución en que se encuentran orientados los distintos elementos que lo forman. para el caso de la producción forestal, la variabilidad longitudinal y transversal de las propiedades físicas de la madera lo cual tiene una lista muy importante puesto que sus volubles se relacionan con el proceso como, el contenido de humedad densidad, contracción (tangencial, radial y transversal). Ananías (1992) menciona que, la escasez de estudios tecnológicos para determinar la aptitud de uso y desarrollo industrial de modificación complementario para producir mayor valor agregado y maximizar la ganancia de la materia prima.

En la Amazonía peruana de nuestro país, las investigaciones sobre las propiedades físicas de la madera son muy comunes, por lo que es necesario realizar investigaciones focalizadas, lo cual es muy conveniente por el hecho de que es fundamental en la producción forestal. Para proporcionar el proceso de transformación y dar un uso oportuno a la madera. Asimismo, se plantea la siguiente hipótesis: determinar si existe diferencias significativas entre las variables a evaluar en los niveles tanto como a base, medio y ápice del árbol.

1.1. Objetivos de la investigación

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar la variabilidad longitudinal y transversal de las propiedades físicas de la madera de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Achotillo), proveniente de una

de una plantación en la zona del codo de Pozuzo-Huánuco.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad saturada y seca al aire de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Achotillo), a tres niveles, en tres secciones transversales y a dos orientaciones del fuste del árbol.
- Determinar la densidad: saturada, básica y anhidro seco al aire de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Achotillo), 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 *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Achotillo), a tres niveles, en tres secciones transversales y a dos orientaciones del fuste del árbol.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes - propiedades físicas

MAE y FAO (2014) exploraron las propiedades físicas y mecánicas de 93 especies forestales en Quito, Ecuador, en las que se encuentra *Zanthoxylum bungeanum* (*Zanthoxylum bungeanum*). Densidad (saturado 1,07 g/cm³, básico 0,34 g/cm³, anhidro 0,38 g/cm³) contracción (5,77% en dirección radial, 4,62% en dirección tangencial, 0,35% en dirección longitudinal y 10,11% en volumen).

Quispe (2014) determinó la composición física de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (Hualaja) de 12 años a 03 niveles, secciones transversales y 02 orientaciones del astil, de origen de Tornavista – Huánuco. Realizo estudios en las propiedades tales como: contenido de humedad saturada de 80%, densidades (saturada 0,85 g/cm³, anhidra 0,54 g/cm³, básica 0,47 g/cm³) y contracciones (longitudinal 0,29%, radial 4,48%, tangencial 7,91% volumétrica 11,1% y T/R 1,79%).

Por otro lado, Omonte y Valenzuela (2011) realizó la transformación longitudinal y radial de la densidad básica del leño a lo largo del poste, para ello se consideró plantaciones de *Eucalyptus regnans* de 16 años, encontrándose tres patrones de variación radial para lo cual se determinó para la densidad básica a lo largo del poste del árbol. En el sentido

longitudinal se reduce la densidad desde la base hasta el ápice con 4,5% y luego incrementa a un 70% de la altura total del poste. Las óptimas muestras que se considera para densidad fue un promedio de 10 y al 20% de altura total del árbol.

Asimismo, el contenido de humedad en la sección tangencial y radial en correlación en las tres secciones del fuste del árbol para la capirona (*Calycophyllum spruceanum Benth*), obtuvo que la especie muestra diferencia significativa alta con lo que respecta al contenido de humedad es elevado a partir de la base hasta el ápice (tratamiento A y B), obteniendo en menor proporción en la base del árbol (62,75% y 61,54%), seguidamente por la parte media (65,25% y 63,95%) y la parte del ápice (68,63% y 67,52) lo cual se obtuve que la mayor parte del contenido de humedad que presenta es el apice Gallo(2009).

Por otra parte, en una investigación que se ejecutó en la especie del *Cecropia sciadophylla Mart.*, (cetico) cuyo meta fue de hallar el contenido de humedad, cambios dimensionales y densidad básica en los niveles de base, medio y ápice del poste. Estos resultados que se hallaron para la densidad y contenido de humedad fue de 138,67% y 0,32 g/cm³, se encontró diferencia significativa en los niveles base, media y ápice, obteniendo la mayor densidad en el nivel ápice; por consiguiente, se obtuvo la contracción tangencial, radial, volumétrica y longitudinal en promedio se obtuvo el 8,29%, 2,71%, 10,17% y 0,28% sucesivamente; asimismo Torres (2009).

Zanne et al., (2009) reúne y compara datos para estudiar la tecnología de la madera en el Perú para lo cual presenta una serie de datos, donde señala que la densidad de *Inga edulis* (Guaba) presenta un promedio de 0,59 g/cm³.

Rivas y Joachi (2006) efectuaron un experimento de tipo preliminar por lo cual se hallaron las propiedades físicas y mecánicas de estas especies provenientes del provincia del Peten, se ejecutó en una concesión forestal perteneciente a la sociedad Civil Árbol Verde, cuya unidad de manejo fue “las Ventanas” en este experimento se realizó las propiedades físicas y mecánicas de Manchiche (*Lonchocarpuscastillo*), maleiro colorado (*Aspidosperma megalocarpon*), Santa Maria (*Calophyllum brasiliense camb*), y Danto (*Vatairealundelli*) donde el resultado que se obtiene reflejan sus usos con otras especies en particular.

En esta investigación de tesis que se ejecutó para la valoración de las propiedades tecnológicas (físicas y mecánicas) de la madera de *Nothofagus glauca* (Hualo), se elaboró estudios de propiedades físicas, así como contenido de humedad, densidad, contracción tangencial y contracción radial. Cuyo resultado que presenta una madera de alta densidad pertenece a una madera semipesada y encontrándose la contracción radial de 14,7%. Respectivamente. Díaz (2005)

La investigación de Hernández (2005) demostró que el ángulo de inclinación de la fibra es un coeficiente cuando decrecen menos en las maderas jóvenes son la contracción longitudinal y el contenido de humedad, mientras que las propiedades que incrementan la densidad de las paredes celulares se produce la contracción transversal y el contenido de madera madura.

Aróstegui *et al.*, (1986) determina las características técnicas y los usos de varias especies en el Parque Forestal Nacional Alexander von Humboldt.

ellos la *Zanthoxylum riedelianum* Engl (Hualaja) encontrando el contenido de humedad: 76%, densidad básica: 0,47 g/cm³, contracciones (tangencial: 7,98%, radial: 4,29%, volumétrica: 11,45%) y relación T/R: 1,96%.

Vásquez (1984) menciona que, en su análisis que realizó basándose en la variación de las propiedades físicas tecnológicas de marupa (*Simarouba amara* Aubl.) en la localidad de Almendras, para lo cual determinó dos modelos de variación ($p > 0.01$): la tendencia de asociación tangencial/radial (T/R), que va incrementar en la sección transversal, y el parámetro del peso específico incrementará desde el corazón hacia la corteza; La madera del nivel superior del corte radial y la sección intermedia en marupa se obtuvieron una densidad mayor por ende será estable y de mayor categoría.

Aróstegui y Acevedo (1969) mencionan que, las propiedades físico – mecánicas y su aplicación en la industria de las 30 especies en Iquitos -Loreto, lo cual se obtuvo que la madera de shimbillo, (*Inga sp.*) se muestra valores promedios: contenido de humedad 14%, densidades (básica de 0,672 g/cm³, y anhidra de 0,78 g/cm³), contracciones (tangencial de 9,5%, radial de 5,1%, y volumétrica de 14,8%) seguidamente se obtiene la relación tangencial/radial de 1,8%.

2.2. Variación de las propiedades físicas

Para Kollmann (1959) los troncos son un material anisotrópico y las dimensiones del desempeño técnico se pueden distinguir al evaluarlos. Del mismo modo, sus propiedades anatómicas, a saber, la separación de

microfibrillas en la pared secundaria y la dirección radial demostraron ser razonables.

2.2.1 Densidad

La densidad de la madera se expresa en asociación entre la masa de las distintas variedades de componentes que constituyen la madera y su corpulencia que ocupan ellos. La masa es el espacio que ocupa el leño, lo cual la masa depende de la gravedad, para ello se evalúa en unidades gramos. En la madera existen cavidades celulares, las que indican que existe en relación de la cantidad sólida que es la madera y la cantidad líquida que contiene los espacios celulares donde se almacena moléculas de agua (1992).

(Panshin Y Zeeuw, 1980) mencionan que, la alteración en la densidad son resultado que se obtiene de los cambios que se producen en longitud, diámetro y espesor de las paredes celulares del tejido leñoso, casi en todas las propiedades mecánicas las variabilidades del leño pueden añadirse a partir de la variación en densidad razón por la cual las propiedades están relacionadas entre sí.

Según Vignote Y Martínez (2006) se clasifica a la madera por su densidad (Cuadro 1):

Cuadro 1 Clasificación de la madera según densidad

Nivel de Densidad	Rango kg/m ³	Densidad en g/cm ³
Ligeras	< De 5	< De 0,50
Semiligeras	De 5 a 5,9	De 0,50 a 0,59
Semipesadas	De 6 a 6,4	De 0,60 a 0,64
Pesadas	De 6,5 a 7,9	De 0,65 a 0,79
Muy pesadas	> De 8	>De 0,80

Fuente: (Vignote y Martínez, 2006)

2.2.1.1. Densidad básica de la madera

La Corporación Chilena de la Madera (2003) asocia la madera anhidra y su volumen húmeda igual o por encima del 30%. La densidad básica por lo general es el cociente formado entre el peso seca de una muestra de madera y su volumen saturado. Además, la densidad va depender de la dimensión de sus vasos y de la cantidad de los mismos, así como composición química, del diámetro de las fibras y del espesor de la pared.

Grigoriev (1985) se enfatiza que un aumento en el contenido de humedad aumentará inevitablemente la calidad de la madera en un tamaño mayor que el volumen de la madera, y un cambio en el contenido de humedad cambiará y producirá una densidad muy alta. Vizcarra (1998) cree que el orden de clasificación que se debe utilizar corresponde a la clasificación de la madera basada en la densidad básica (DB) de la madera., porque es importante en la utilización y a su relación con la fuerza mecánica de muchas especies que se encuentran en diferentes lugares de nuestro país depende de factores internos y externos.

Ganzhi (2006) ordena la densidad básica, donde se debe tener en cuenta la siguiente clasificación: las Maderas livianas que se encuentran dentro de la categoría de 0,30, de 0,31 a 0,4g/cm³ corresponden a las Maderas blandas, las que están en una categoría 0,41 a 0,60 g/cm³, son maderas medianamente duras, las que están dentro de la categoría de 0,61 a 0,80 g/cm³, pertenecen a maderas duras y pesadas son las que están en la categoría de 0,81 a 1,12 g/cm³ la densidad básica se detalla en el cuadro 2.

Cuadro 2 Clasificación de la densidad básica según la norma ASTM, 2395

Grupo	Categoría	Tipo
I	Menor de 0,30	Muy baja (MB)
II	Entre 0,31 a 0,40	Baja (BA)
III	Entre 0,41 a ,.60	Media (ME)
IV	Entre 0,61 a 0,80	Alta (AL)
V	Mayor de 0,81	Muy alta (MA)

Fuente: Ganzhi (2006)

2.2.2 Contenido de humedad

Los arboles necesitan nutrientes para alimentarse, así como también agua que sirve como medio de transporte para ello la madera contiene agua bajo tres aspectos: libre, higroscópica y de constitución. Las aguas libres se depositan en las oquedades celulares (lumen), la higroscópica se ubica en las paredes celulares, y la de constitución es parte del leño.

Herminio (2003) indica que, el agua en el leño es uno de los componentes más esenciales en la industria por que influye en la mayoría de los trabajos que se realizan. Por esta razón es indispensable mantener la cantidad de humedad interna entre capas de la madera y superficie terrestre entre sí. Es fundamental también, cumplir con los contenidos de humedad posterior convenientemente por el uso que se le otorga a la madera, y asimismo por la dificultad que es trasladar la madera con elevado volumen de humedad, porque puede correr el riesgo y desarrollo de microorganismos que afecten a la madera.

Cuadro 3 Calificación de la madera según función al grado de humedad

Nombre	CH (%)	Ubicación
Madera verde	De 80 a 200	en el bosque
Madera húmeda	De 25 a 80	Recientemente cortada, trozas en patio
Madera poco seca	De 20 a 25	Aire libre
Madera seca al aire	De 15 a 20	Bajo sombra de techo
Madera muy seca	De 8 a 15	Interiores
Madera anhidra	0	laboratorio

Fuente: Grigoriev (1985)

2.2.1.2. Contenido de humedad en equilibrio

Acuña y Casado (2005) describe que el contenido de humedad de la madera por debajo del punto de saturación sufrirá cambios dimensionales, como encogimiento e hinchazón, y no cambiará a partir de ahí.

Simpson (1998) menciona que, la madera no gana ni pierde humedad porque existe una asociación entre contenido de humedad en equilibrio (CHE), y temperatura.

2.2.1.3. La contracción de la madera

Es la reducción de las dimensiones de una pieza de madera como consecuencia de entrega de agua al medio ambiente, por ello se producen una contracción normal y anormal; la normal se produce cuando la humedad está por debajo del PSF, mientras la anormal produce colapso como alteraciones en la dimensión y forma de la madera. (Pérez, 1983).

Cuadro 4 Clasificación de la madera según contracción volumétrica

Grupo	Rango (%)	Clasificación
1	menos de 9	Muy Baja (MB)
2	de 9,1 a 11	Baja (B)
3	de 11,1 a 13	Media (M)
4	de 13,1 a 15	Alta (A)
5	más de 15,1	Muy Alta (MA)

Fuente: Vizcarra (1998)

La contracción empieza después de eliminar completamente el agua libre y al iniciar la eliminación del agua higroscópica, se nota que hay contracción y expansión en la madera cuando el contenido de humedad es menor que el PSF. Asimismo, la contracción no es igual en las diferentes direcciones, la contracción en el sentido tangencial es el doble que la radial mientras que la longitudinal es mínima 1% por lo que no se toma en cuenta para el cálculo de contracción volumétrica. (Gonzales, 1998) la clasificación de la relación tangencial /radial se detalla en el cuadro 5.

Cuadro 5. Clasificación según la relación de contracción tangencial y radial

Grupo	Rango (T/R)	Clasificación	Estabilidad
1	menor de 1,5	Muy Baja (MB)	Muy estable (ME)
2	de 1,5 a 2,0	Baja (B)	Estable (E)
3	de 2,0 a 2,5	Media (M)	Mod. Estable (M)
4	de 2,5 a 3,0	Alta (A)	Inestable (I)
5	mayor de 3.1	Muy Alta (MA)	Muy Inestable (MI)

Fuente: Vizcarra (1998)

2.2.3 Agua en la madera

Según JUNAC (1984) el contenido de humedad de la madera recién cortada varía según el tipo de bosque, la época de cosecha, el lugar de producción, la edad de los árboles y otros factores, por lo que la madera pesada contiene menos agua que la madera.

2.2.4 Sorción en la madera

El leño seco, en contacto con vapor de agua, le permitirá que se produzca un estado de equilibrio entre ambos. Este suceso, fundamentalmente se extiende en todo el cuerpo poroso, la cual se llama sorción. (Rietz, 1978).

La permeabilidad, es decir la retención del gas en dentro del cuerpo no tiene mucha importancia, específicamente en los sólidos, la permeabilidad del agua tiene un lugar cuando hay contacto de madera con el agua asimismo en las especies con menor densidad la permeabilidad de agua es mayor por lo que tiene mayor volumen de cavidades que puede llenarse el agua (Kollmann, 1959).

2.2.5 Encogimiento de la madera

(Winandy, 1994) describe que cuando el contenido de humedad es menor que el punto de saturación de la fibra, la madera es inestable. Al absorber o perder humedad por debajo de este punto, los troncos de diferentes tamaños se encogen cuando pierden humedad de la pared celular y se expanden cuando absorben la humedad de la pared celular..

2.2.5.1. Encogimiento transversal y volumétrico

La variabilidad del apocamiento volumétrico y transversal se expresa por un coeficiente de desviación de alrededor de 15%, según lo indica Winandy

(1994) mientras para Rietz (1978) indica que la poquedad de la madera varía con las especies y con la ubicación de la fibra en las áreas radial, tangencial y longitudinal.

De acuerdo con Rietz (1978) indica que, en una pieza de madera el tamaño y forma afectara la contraccion y la proporción de secado, en algunas especies puede afectar en la contracción de la madera, por lo general, el encogimiento mayor está relacionado con la densidad mayor.

Además (Pérez, 1983) menciona que, existe una correlación entre el cociente de contracción tangencial y radial (T/R). Cuánto más se parezcan las contracciones radiales y tangenciales, se produce menor tensión en la madera será más estable.

Gutiérrez y Silva (1999) cataloga las maderas según relación entre factores (T/R) se detalla en el cuadro 6.

Cuadro 6 Clasificación de la madera según su relación de estabilidad RT/R

Relación de encogimiento	ejemplar de estabilidad T/R
Menor que 1,50	muy estable
Entre 1,50 – 2,00	estable
Entre 2,01 – 2,50	moderadamente estable
Entre 2,51 – 3,00	inestable
Mayor que 3,00	muy inestable

Fuente: (Gutiérrez Y Silva, 1999).

2.2.6 Punto de saturación de la fibra

El PSF es de suma importancia, ya que es una frontera a la variación de resistencias, variaciones dimensionales, etc.; su valor varía entre 25 a 30%, lo cual podría sufrir pequeñas variaciones entre y unas especies a otras. para las maderas delos bosques cálidos el promedio es de 28%. Después que llega a este punto no retornara a tomar agua libre si no es por el método inmersión. (Tuset y Duran 1990).

cuadro 7, Fase de la Madera Según él % de Saturación

Condición	% de humedad	Características
Madera empapada	Hasta 150%	Sumergida en agua
Madera verde	Hasta 70%	Madera en pie
Madera saturada	30%	Sin agua libre
Madera semi – seca	23% al 30%	Madera aserrada
Madera comercialmente seca	18% al 23%	Durante su estancia al aire
Madera seca al aire	23% al 18%	Al abrigo de la lluvia
Madera desecada (muy seca)	Menor al 13%	Secado natural
Madera anhidra	0%	En estufa a 103°C.

Fuente: Arostegui, (1990).

2.2.7 Influencia en la madera de los factores internos y externos

Panshin y Zeeuw (1980) mencionan que, durante la formación de la madera Son varios los factores que nos llevan a distinguir la forma, estructura física y composición química de los componentes contenidos en la madera. Tuset y Duran (1980) agregaron que el desarrollo de los árboles tiene algunos

factores, la educación y las condiciones de forestación, estos factores pueden verse afectados por factores externos.

2.2.8 Constituyentes que incurren en la deshidratación de la madera

2.2.8.1. Influencia de la disposición anatómica

Gonzales (1970) mencionó que en el sentido de elementos constituyentes, la madera afectará el cambio de tiempo de secado y formará defectos y deformaciones que se puedan ocasionar en la madera..

2.2.9 Higroscopicidad

El secado es muy importante, ya que puede lograr la pérdida de madera, cambiando así la absorción de humedad de las condiciones climáticas (secado al horno) donde se encontró la madera. Esta es la característica de los cuerpos porosos, por lo que la madera puede ganar humedad al establecer el ambiente. Pérdida de madera De la misma forma, el contenido de humedad de la madera alcanza el equilibrio (CHE), es decir, alcanza el equilibrio con el medio. Solano (1998).

2.2.10 Anisotropía

Esta característica está relacionada con los defectos que aparecen en la madera durante el proceso de secado, por lo que la parte principal de los defectos es la contracción y cambios dimensionales en sus tres planos, y sus propiedades físicas y mecánicas son diferentes. La dirección a considerar. Se

consideran tres partes o direcciones básicas: longitudinal, radial, tangencial (Perez, 1983).

2.2.11 Cambios dimensionales

Debido a la anisotropía de los troncos, los cambios dimensionales normales de la madera tienen diferentes tamaños a lo largo de sus direcciones (tangencial, radial y longitudinal). Por lo tanto, la tasa de contracción es mucho mayor que la tasa de contracción radial, mientras que la tasa de contracción longitudinal es menor Coronel (1994).

Por ende, para la ordenación del de una madera según su comportamiento referente a sus contracciones se usa el coeficiente de anisotropía. Este coeficiente (T/R) es el cociente entre la contracción tangencial y la radial. Asimismo, los datos de la contracción normal, establecen la estabilidad radial de las piezas del leño. Estos valores de T/R superiores a dos señala que la pieza tendrá dificultades de defectos de forma rajaduras y alabeos en proceso de secado Coronel, (1994).

2.2.12 Metodologías para la determinación de las propiedades físicas

La norma técnica peruana (NTP 251.010) precisa al Contenido de humedad como la cantidad contenida de agua en el madero referido a su peso anhidro. Los métodos para para medir la cantidad de humedad son dos (CH°) los cuales son, **el secado en estufa** y de **extracción con disolventes**, el secado con disolvente se utiliza por lo general en el secado de maderas que contienen

sustancias volátiles, y la primera es la madera que no contiene sustancias volátiles. La razón por la que es necesario determinar el peso húmedo y el anhídrido ácido es aplicar la fórmula adecuada para verificar el contenido de humedad.

Encogimiento (NTP 251.012) se debe considerar la dirección de la muestra en los planos de corte radial y tangencial, y su eje longitudinal es paralelo a la dirección de la fibra, de manera que la medición se puede realizar en ambos planos tanto en condiciones húmedas como secas en horno. La tasa de contracción se determina a partir de tres aspectos: radial tangencial y volumen.

2.2.13 Descripción general de la especie

2.2.13.1. Taxonomía

Según Zuloaga y Morrone, (1999) la especie se clasifica como sigue:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Sapindales
Familia	: Bixaceae
Género	: platycarpa
Especie	: <i>Bixa platycarpa</i> Ruiz & Pav.ex G. Don.

2.2.14 Descripción botánica de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).

Puede alcanzar una altura de 35 m y un diámetro de 60 cm, tiene látex amarillo y pétalos blancos, blancos, cáliz rosado, marrón, flores abundantes y marrón en la madurez. Cada fruta tiene una gran cantidad de semillas y está cubierta de arilos de color rojo a naranja.

Gonzales Y Bueno (1967) registraron que el achotillo presenta el comportamiento en secado de clase IV lo cual es madera de mal comportamiento, por lo que presentado, durante el periodo de secado, se observó que pertenece a la clase III (ataque mediano), comprendida entre un 25% hasta 50% de la troza.

2.2.15 Ecología y distribución

Esta familia (Bixacea) se podría encontrar en zonas subtropicales de del continente americano, África, India y Australia. Su linaje está compuesto por 21 especies y 4 géneros (Stevens, 2009). Por consiguiente, existe un género con una especie en Argentina (Zuloaga Y Morrone, 1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de trabajo

Para la investigación las muestras que se utilizaron procedieron de las plantaciones que pertenecen a la Empresa Reforestadora Latinoamericana S.A. (REFOLASA), políticamente están ubicadas en la localidad de Coto del distrito Codo del Pozuzo, provincia Puerto Inca y región Huánuco.

Asimismo, para la evaluación de las probetas se ejecutó en el Laboratorio de la Anatomía de la Madera de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables - Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.2. Descripción de la plantación

La plantación de Achotillo fue establecida en el año 2011, lo cual tiene un distanciamiento de 3 m x 3 m, esta empleado el sistema de siembra cuadrado, debido a que el terreno es plano. Estas plantaciones se encuentran cercanas al río y el área es de dos hectáreas para cada plantación en diferentes edades, cuya altura total de los 5 árboles estudiada tiene un promedio de 13,8m también cuenta con poda y raleo parte del manejo silvicultural.

3.3. Clima

El clima donde se encuentra la plantación presenta características similares de la ciudad de Pucallpa, por el cual distingue por ser muy cálido, húmedo y lluvioso con temperatura anual máxima de 33.1 °C y mínima 18.7°C, precipitación promedio de 1562 mm, altitud promedio corresponde a 154 m.s.n.m. y con una humedad relativa de 83%.

3.4. Zona de vida

El material de estudio procede del distrito de Codo del Pozuzo que se encuentra 450 m.s.n.m., pudiendo llegar hasta 650 m.s.n.m., De altitud en algunos sectores. Según el Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 2000), pertenece a Bosque Húmedo Premontano Tropical (bh-PMT). Con temperatura anual máxima de 30°C y mínima 13°C y Precipitación media anual 3,500 mm en promedio por año. Su distribución geográfica es amplia, su vegetación natural es de bosques siempre verdes.

Zavala (1999) menciona que, las estaciones en la región Rupa Rupa provincia de Huánuco se muestran una temperatura máxima al año de 29,8°C y la mínima de 19,2°C, considerando un promedio de temperatura anual de 24,5°C. La humedad referente que presenta es cerca del 80% y La precipitación mediana al año es de 3 300 mm.

3.5. Materiales y equipo

3.5.1. Equipos

01 motosierra STHIL, 01 sierra disco, brújula, GPS GARMIN 12XL, higrómetro, micrómetro 0,01mm, laptop HP, y cámara fotográfica.

3.5.2. Materiales de campo

Cinco árboles de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo), programa estadístico, formularios de evaluación para las propiedades físicas, lapicero, plumón, marcador, cinta métrica y wincha.

3.6. Criterio de investigación

3.6.1. Tipo de investigación

- Es de tipo descriptivo cuantitativo

3.6.2. Nivel de investigación

- Es de nivel correlacional

3.7. Métodos

3.7.1. Planificación

Etapa donde consistió en revisar material bibliográfico de la Empresa Reforestadora Latinoamericana S.A. (REFOLASA), También información relacionada al tema para así poder tener más conocimiento del estudio de investigación que se va realizar.

Por ello se realizó en coordinación con el ingeniero Jenner Lopez Inocente encargado de la plantación de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Achotillo), para la colecta de datos en campo.

3.7.2. Fase de campo

La investigación se llevó a cabo en una plantación que ha sido instalado en el año 2011 en una parcela de dos hectáreas en un terreno plano

cercanas al río cuyas coordenadas UTM son las siguientes:

- Este : 466229
- Norte : 8911741

3.7.3. Extracción de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G. Don (Achotillo)

Se realizó el marcado del fuste con la ayuda de una brújula considerando las dos orientaciones cardinales (NORTE- SUR) a 1,30 m. (dap), así mismo, se procedió con la toma de medida del diámetro adecuado utilizando la forcípula y una cinta métrica para la altura del árbol, para lo cual se seleccionó de forma aleatoriamente los cinco árboles de una plantación de dos hectáreas de la misma edad.

Seguidamente se realizó el tumbado haciendo el corte a 20cm sobre la superficie del suelo, luego se tomó la medida de la longitud útil o altura comercial del fuste y se dividió en tres secciones obteniendo partes iguales tanto en base, medio y ápice del árbol, una vez seccionado las trozas se proseguirá el marcado para obtener tucos de 1,3 m de longitud por cada nivel y la parte más recta de la troza, habiendo para la base próximo al tocón, para la altura comercial y para el ápice antes de la primera ramificación del madero.

3.7.4. Preparación de las muestras.

Luego de alcanzar los tucos se acondicionaron con sus respectivos códigos y el marcando en la orientación cardinal norte y sur, luego se sellaron los extremos con pintura esmalte mezclado con cola sintética, para no perder el porcentaje de humedad durante el traslado del madero en el trayecto de la

plantación ubicada en la zona de Coto – distrito del Codo de Pozuzo hasta el Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal - Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.7.5. Acondicionamiento de las probetas.

La preparación de los ejemplares se realizará en el taller de aprovechamiento y maquinaria forestal de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional Agropecuaria La Selva. Asuma la disposición y el núcleo; en este ejercicio, se obtiene una muestra extendida (2.5 cm x 2.5 cm x 10 cm) como lo indica la norma ASTM y se coloca correctamente en las tres secciones tangente, radial y longitudinal levantando la varilla. Considere el arreglo factorial utilizado: en los tres niveles principales del tronco (base, centro y vértice), tres elementos verticales (interior, centro y exterior) y dos configuraciones principales (norte y sur), hay cinco repeticiones para un total de 90. Cada unidad experimental, de manera similar, cada muestra será cuidadosamente clasificada y luego transferida al laboratorio para un proceso de secado.

3.7.6. Clasificación y/o codificación de probetas:

La codificación de las probetas fue de la siguiente forma: primero por dígito de árbol (1, 2, 3, 4 y 5), nivel de fuste (B, M y A), disposición cardinal (norte y sur) y sección transversal interno, centro y externo (I, C y S).

Modelo: 1 A S I

Dónde:

1: Probeta del árbol 1

A: Nivel ápice del fuste

S: Orientación cardinal sur

I: Interno

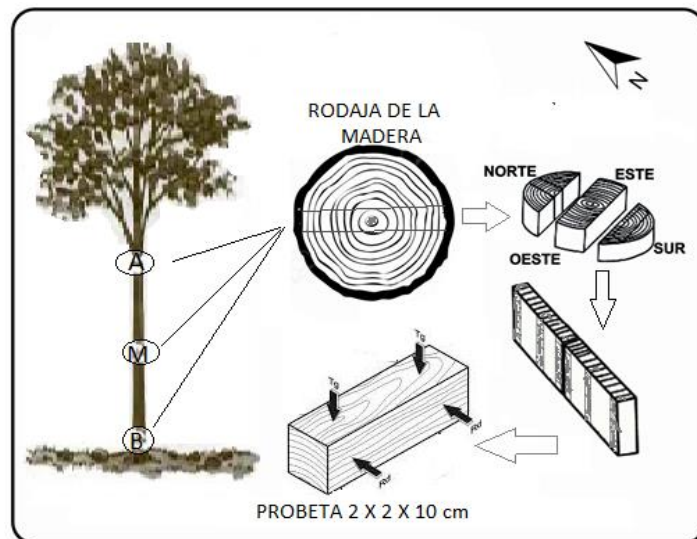


Figura 1. Diseño para obtención de probetas (Quispe, 2014)

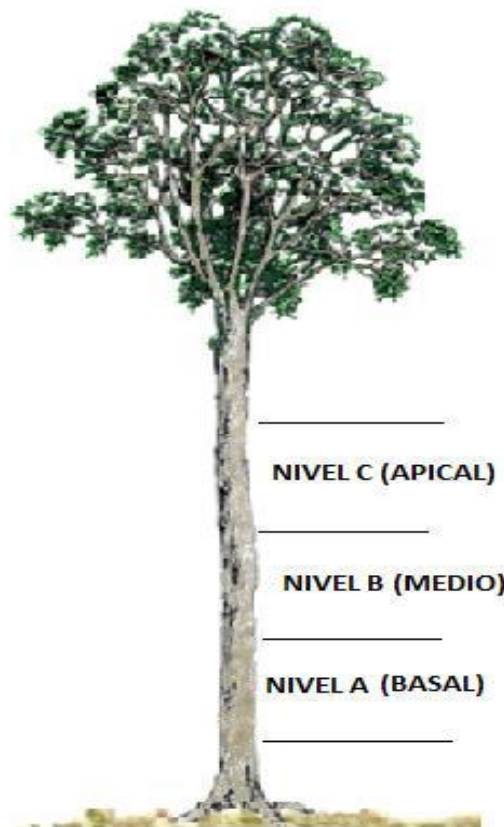


Figura 2. Ubicación de los niveles de corte a realizar longitudinalmente en el árbol.

3.7.7. Estimación de las propiedades físicas

Se determinará según la norma técnica ASTM

- Contenido de humedad : 4442
- Densidad : 2395- 02
- Contracción : 4442

Todas las probetas que se obtengan serán valuadas de la forma siguiente:

3.7.7.1. Método de determinación del contenido de humedad

Según la norma ASTM 4442

a. Humedad saturada

Luego de obtener las probetas se procedió a medir y pesarlas hasta que el peso sea constante; el proceso consistió en pesado y medido diariamente, hasta obtener peso y medida constante para lo cual se utilizó la siguiente formula.

$$CH(\%) = \frac{Ph - Psh}{Psh} \times 100 \quad (01)$$

Dónde:

CH (%) = contenido de humedad saturada

Ph = peso húmedo o saturado (g).

Psh = peso seco al horno (g).

b. Humedad seca al aire.

Luego de obtener el peso constante de 90 muestras, transferirlas al horno para alcanzar el peso seco en el horno, esta operación consiste en aumentar gradualmente la temperatura de revenido de 30, 40, 50, 60, 70, 80 Continuar a 90 y 103°C, y finalmente ponerla a esta temperatura por no menos de veinte (20) horas hasta obtener un peso de muestra constante. Una vez completado el proceso de secado, la muestra se saca del horno y se coloca en una secadora por 15 minutos Luego se pesa a formar estos datos del peso seco en horno (Psh).

Fórmula de humedad seca al aire

$$CH(S) = \frac{Ps_{al aire} - Psh}{Psh} \times 100 \quad (02)$$

Dónde:

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

Ps = peso seco al aire (g).

Psh = peso seco al horno o anhídrido (g).

3.7.7.2. Método para establecer la densidad.

La densidad se determinó siguiendo la norma ASTM 2395-02

a. Densidad saturada:

Para establecer inicialmente la densidad, el peso de la muestra recién cortada debe obtenerse en estado húmedo para conocer el peso húmedo (Ph) y el volumen húmedo (Vh). Esto incluye determinar el volumen por el método de desplazamiento. El método es el siguiente : sumerja la muestra en un peso específico conocido En el líquido, en este caso, use agua destilada y luego

muestre el aumento de peso correspondiente que representa el volumen de la muestra.

Fórmula para la Densidad saturada

$$DS = \frac{Ph}{Vh} \quad (03)$$

Dónde:

DS = Densidad saturada (g/cm³).

Ph = Peso húmedo (g).

Vh = Volumen húmedo (cm³).

b. Densidad básica.

Para la obtención de los datos de peso seco al horno se pusieron las siguientes probetas en la estufa, donde se le agrego calentamiento gradual cada día, lo cual inicia con 30, 40,50, 60, 70, 80, 90, y al finalizar se puso a 103°C, por ello se dejó esta temperatura no menor de 20 horas; seguidamente se retira las probetas de la estufa para ser pesados y medidos. El volumen húmedo fue registrado similar al de la densidad saturada

Fórmula para la densidad básica

$$DB = \frac{Psh}{Vh} \quad (04)$$

Dónde:

DB = densidad básica (g/cm³).

Psh= peso seco al horno (g).

Vh = volumen húmedo (cm³)

c. Densidad anhidra:

Para el peso de la caja de secado se obtuvieron los mismos datos de consistencia básica y se estableció el volumen de la caja de secado (V_{sh}), por lo que se parafinizó la muestra, incluyendo el método de inmersión y el método de desplazamiento para determinar el volumen. El peso (gravedad específica) encontrado en esta prueba se considera líquido utilizando agua destilada.

Fórmula para la densidad anhidra

$$DA = \frac{P_{sh}}{V_{sh}}$$

(05)

Dónde:

DA = densidad anhidra (g/cm^3).

Psh= peso seco al horno (g).

Vsh= volumen seco al horno (cm^3).

3.7.7.3. Método de determinación de la contracción.

Según la norma ASTM 4442.

Para hallar esta propiedad se utilizó el procedimiento para la estimación del encogimiento en la madera lo que consistió en tomar las dimensiones de las caras radial, tangencial y longitudinal en estado húmeda y seca al aire.

Para esta prueba se tomaron las maderas de las probetas para ello se consideró un vernier para su respectiva medición lo cual para hallar la cara

tangencial se ubica el vernier en la cara radial, y para la cara radial, se ubica el vernier en la cara tangencial.

Se utilizó la siguiente fórmula.

a. Contracción tangencial total

$$CT_t = \frac{dth - dtsh}{dth} \times 100 \quad (06)$$

Dónde:

CT_t = Contracción tangencial total (%).

Dth = Dimensión tangencial humedad (cm).

Dtsh = Dimensión tangencial seca al horno (cm).

b. Contracción radial total

$$CR_t = \frac{drh - drsh}{drh} \times 100 \quad (07)$$

Dónde:

CR_t = Contracción radial total (%).

Drh = Dimensión radial húmeda (cm).

Drsh = Dimensión radial seca al horno (cm).

c. Contracción longitudinal total

$$CL_t = \frac{dlh - dlsh}{dlh} \times 100 \quad (08)$$

Dónde:

CL_t = Contracción longitudinal total

Dlh = Dimensión longitudinal húmeda (cm).

Dlsh = Dimensión longitudinal seca al horno (cm).

d. Contracción volumétrica total

$$CV_t = \frac{v_h - v_{sh}}{v_h} \times 100 \quad (09)$$

Dónde:

CV_t = Contracción volumétrica total

V_h = Volumen húmedo (cm³).

V_{sh} = Volumen seco al horno (cm³).

e. Relación tangencial radial

$$T/R \quad (10)$$

Dónde:

T = Tangencial

R = Radial

3.7.8. Diseño de la investigación

3.7.8.1. Diseño descriptivo - correlacional

Utilizando un diseño completamente al azar, se adopta una disposición factorial de 3 niveles (base, medio y ápice) x 3 secciones transversales (interior, centro y exterior) x 2 direcciones básicas (norte y sur) x 5 repeticiones (árboles).

3.7.8.2. Unidad experimental.

La unidad experimental está representada por personal de Bixa platycarpa Ruiz y Pav.ex G. Don (Achotillo), cuya tarea es describir la variable respuesta, es decir, las características físicas a estudiar. Por lo tanto, la observación incluye el nivel (base, medio y ápice), la sección transversal (interior,

centro y exterior) y la dirección principal (este-oeste) del tubo de ensayo utilizado, y su comportamiento se describe por el contenido de agua.

3.7.9. Modelo estadístico

3.7.9.1. Modelo aditivo lineal

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

$$Y_{ijklr} = M + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + e_{ijklr}$$

Dónde :

Y_{ijk}	=	Respuesta del Tratamiento descriptivo
A	=	Nivel de fuste (base, medio, ápice).
B	=	Sección transversal (interior centro y externo)
C	=	Orientación cardinal (N– S)
AB_{ij}	=	Interacción de la variable a y b, a niveles i, j
AC_{ik}	=	interacción de la variable a y c, a niveles i, k
BC_{jk}	=	interacción de la variable b y c, a niveles j, k
abc_{ijk}	=	Interacción de la variable a, b y c, a niveles i, j, k
e_{ijklr}	=	Un componente del error aleatorio

3.7.10. Población y muestra

3.7.10.1. Población

La población estuvo constituida aproximadamente por una hectárea de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo) en una plantación con distanciamiento de 3m x 3m, sistema cuadrado que se encuentra cercana al río.

3.7.10.2. Muestra

La muestra lo constituye cinco arboles de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo) debidamente seleccionada al azar.

Cuadro 8. Datos generales de los cinco árboles

N° Árbol	DAP	AT	AC	coordenadas	
				x	y
1	24,15	13	10	0465619	8912040
2	20,69	12	7	0465609	8912017
3	22,25	14	10	0465581	8911991
4	23,15	16	12	0465569	8911986
5	26,55	14	12	0465570	8912950

Fuente: Elaboración propia; DAP (diámetro altura de pecho), AT (altura total), AC (altura comercial).

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación del contenido de humedad saturada y seca al aire de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.

4.1.1. Contenido de humedad saturada.

En el Cuadro 9 se muestra la relación entre los resultados del contenido de humedad saturada y el nivel del tallo. Se puede observar que el valor más alto corresponde al nivel de línea de base (109,91%), seguido del ápice, y el menor contenido de humedad en el nivel medio. Debido al crecimiento continuo, este resultado se puede atribuir a la plántula, existen árboles en la capa inferior del tallo, por lo general se puede obtener un 108,61%.

Cuadro 9 Contenido de humedad saturada

Niveles	Condición Húmeda								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	117,6	114,0	115,8	102,4	112,2	107,3	101,6	111,5	106,5
Medio	104,9	114,0	10,4	106,9	112,4	109,7	103,4	104,2	103,8
Ápice	112,1	116,3	114,2	111,5	111,9	111,7	97,87	99,52	98,70
Prom.	111,6	114,8		106,9	112,2		100,9	105,1	
Prom. Orient.	113,18			109,60			103,03		
Prom. Gral.				108,61					

4.1.2. Análisis de varianza del contenido de humedad saturada

Los resultados obtenidos del contenido de humedad empapada se exponen a una investigación de fluctuación (ANVA) para decidir si existe un contraste entre los factores evaluados.

Cuadro 10 Análisis de varianza del contenido de humedad saturada

VARIABLES	SC	GL	MC	F	Sig.	Símbolo
Niveles	1470,303	2	735,151	3,482	0,036	**
Secciones	577,171	2	288,585	1,367	0,261	ns
Orientaciones	84,916	1	84,916	,402	0,528	ns
Niveles * Secciones	985,914	4	246,478	1,167	0,332	ns
Niveles * Orientaciones	66,449	2	33,224	,157	0,855	ns
Secciones * Orientaciones	1539,362	2	769,681	3,645	0,031	**
Niveles * Secciones * Orientaciones	885,979	4	221,495	1,049	0,388	ns
Error	15202,933	72	211,152			
Total	1088281,540	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

En el Cuadro 10 como el p valor es 0,036 menor que el nivel de significancia al 5 % entonces se observa que existen diferencias significativas en los niveles (base, medio, ápice), al igual que la interacción sección*orientación existe diferencia significativa. Además, se observa que no existen diferencias significativas en los demás factores ni en las interacciones.

4.1.3. Prueba de Tukey para los niveles de contenido de humedad saturada.

Al determinar que existe alta significancia entre los niveles se aplicó el teste de rango de Tukey $\alpha = 0,05$ el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los datos promedios.

Cuadro 11 Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste

Niveles	N	Valores	Significancia	
Ápice	30	109,478	a	
Medio	30	108,098	a	b
Base	30	107,256	b	

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey muestran que no existe diferencia significativa entre los niveles ápice e intermedio, pero sí hay diferencia entre el nivel base y los niveles ápice e intermedio, debido a que el nivel ápice alcanza el mayor contenido de humedad (109,47%). y la humedad más baja en porcentaje corresponde al nivel de línea de base (107,25%). por lo tanto, existen diferencias y se concluye que las niveles (base, medio y ápice), son diferentes.

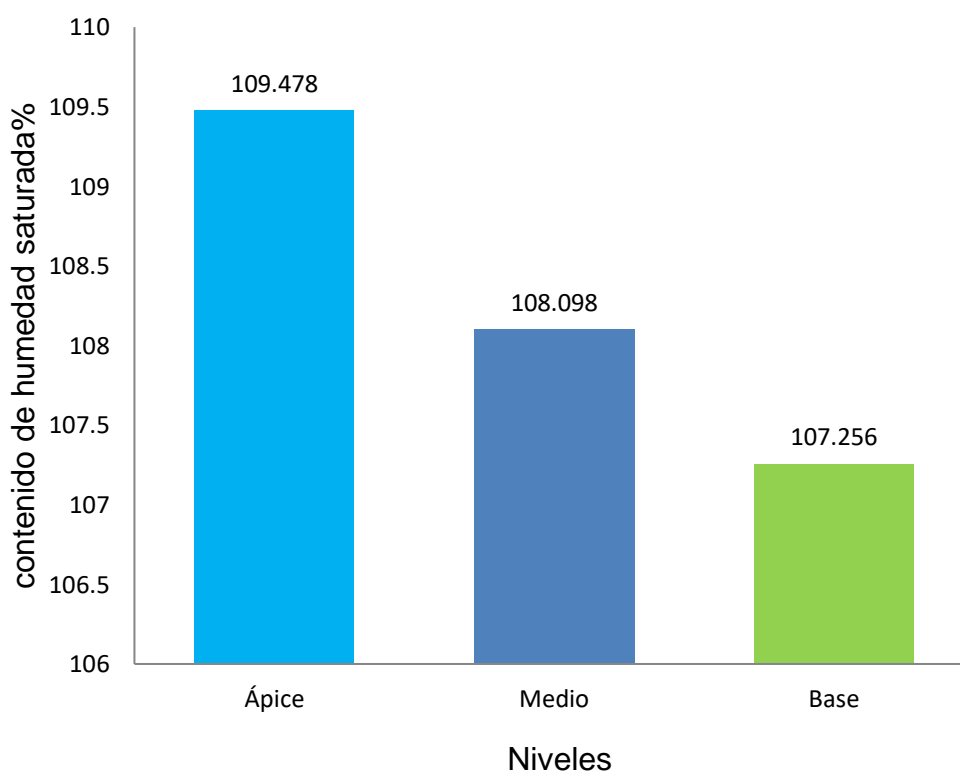


Figura 3 Contenido de humedad saturada en los tres niveles de Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).

4.1.4. Contenido de humedad seca al aire.

En el Cuadro 12 muestra los resultados de humedad en condiciones de aire seco; para el nivel del tallo, se observó que es mayor en el nivel medio (15.15%), seguido por la base y la parte superior, en relación a la sección transversal, el contenido de humedad del parte fue mayor (14,93%) y decreció hacia abajo. Para la parte exterior no se encontró diferencia de orientación, en estos resultados no se observó diferencia numérica alta debido a que la muestra estaba seca en un estado de equilibrio con la humedad ambiental. Obtenga un promedio de 14.84% de contenido de humedad del aire seco.

Niveles	Condición Seca al Aire								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	14,58	14,86	14,72	14,61	14,82	14,67	14,53	14,83	14,68
Medio	15,22	14,96	16,03	14,73	14,81	14,77	14,67	16,54	15,60
Ápice	14,96	14,99	14,97	14,98	14,88	14,93	14,88	13,30	14,09
Prom.	14,92	14,94		14,77	14,84		14,69	14,89	
Prom. Orient.	14,93			14,81			14,79		
Prom. Gral.	14,84								

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

Los resultados obtenidos del contenido de humedad seca al aire fueron sometidos al SPSS para determinar el análisis de varianza (ANVA), en lo cual se puede observar en el cuadro 12 que no existen diferencias significativas.

en los niveles, secciones y orientaciones, así como en las demás interacciones por lo tanto no se proseguía realizar la prueba de Tukey.

Cuadro 12 Análisis de varianza del contenido de humedad seca al aire

VARIABLES	SC	GL	MC	F	Sig.	Símbolo
Niveles	7,381	2	3,691	1,793	0,174	ns
secciones	9,612	2	4,806	2,334	0,104	ns
orientaciones	,269	1	,269	,131	0,719	ns
Niveles * secciones	3,984	4	,996	,484	0,748	ns
Niveles * orientaciones	2,594	2	1,297	,630	0,535	ns
secciones * orientaciones	3,955	2	1,977	,960	0,388	ns
Niveles * secciones * orientaciones	14,053	4	3,513	1,707	0,158	ns
Error	148,229	72	2,059			
Total	19556,533	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

4.2. Determinación de las densidades: saturada, anhidra y básica de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achetillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.

4.2.1. Densidad saturada

En el Cuadro 14 el resultado que se observa, es una densidad saturada; para el nivel del tallo, el nivel del ápice muestra una densidad más alta (0,70 g / cm³), y luego, en relación con la dirección de la base, el nivel medio y el nivel de la base disminuyen.

Cuadro 13 Valores promedios de la densidad saturada

Niveles	Densidad Saturada								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	0,70	0,68	0,69	0,65	0,66	0,66	0,67	0,68	0,68
Medio	0,68	0,66	0,67	0,68	0,68	0,68	0,68	0,70	0,69
Ápice	0,72	0,68	0,70	0,72	0,73	0,73	0,68	0,70	0,69
Prom.	0,70	0,67		0,69	0,69		0,68	0,69	
Prom. Orient.	0,69			0,69			0,68		
Prom. Gral.				0,69					

4.2.2. Análisis de varianza de la densidad saturada

Los resultados obtenidos de la densidad de saturación se procesan en el estudio de varianza (ANVA) para determinar si existe diferencia entre las variables de evaluación, se observa que existe diferencia significativa entre los niveles basal, medio y vértice.

Cuadro 14 Análisis de varianza de la densidad saturada

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	,001	2	,001	,406	0,668	ns
secciones	,001	2	,001	,419	0,659	ns
orientación	,000	1	,000	,070	0,792	ns
Niveles * secciones	,037	4	,009	5,919	0,000	**
Niveles * orientación	,001	2	,001	,359	0,700	ns
secciones * orientación	,008	2	,004	2,468	0,092	ns
Niveles * secciones * orientación	,020	4	,005	3,202	0,018	**
Error	,114	72	,002			
Total	42,455	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

En el Cuadro 15 como el p valor es 0,00 menor que el nivel de significancia al 5 % entonces se observa que existe diferencias significativas en las interacciones niveles/secciones y niveles/secciones/interacciones. Además, se observa que no existen diferencias significativas en los demás factores ni en las interacciones por lo tanto no se procede a realizar la prueba de Tukey.

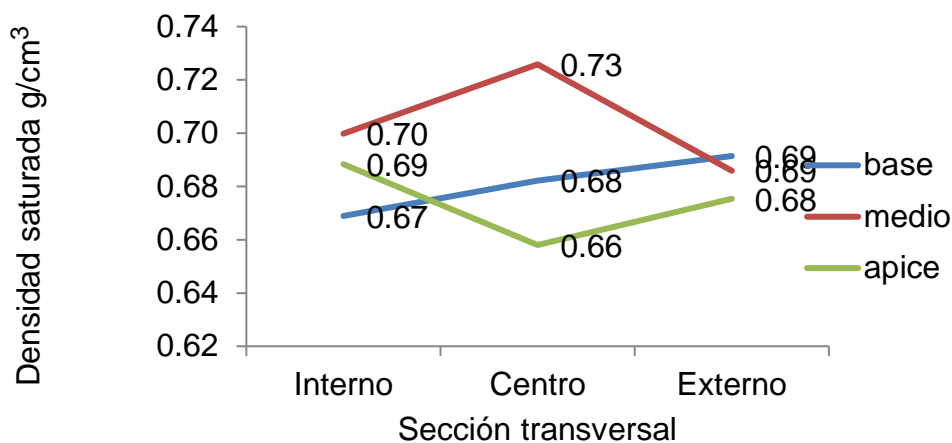


Figura 4 Relación de la densidad saturada en los niveles con las secciones transversales

La Figura 4 muestra la interacción de los niveles con las secciones transversales donde el nivel medio presenta una alta variabilidad con la sección interna y externo, caso similar sucede en el ápice, mientras el nivel medio presenta una ligera variabilidad respecto a las secciones interno, medio y externo.

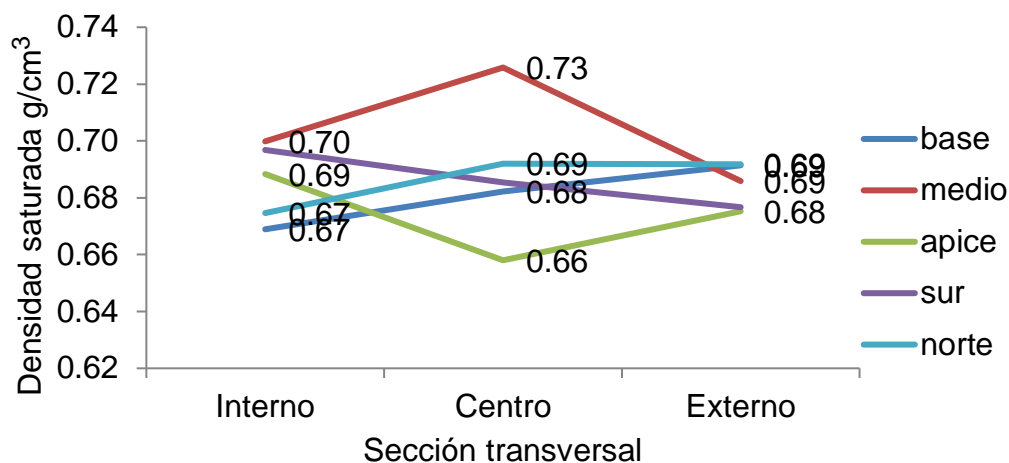


Figura 5 Relación de la densidad saturada en los niveles con las secciones transversales y orientaciones.

La Figura 5 muestra la interacción de los niveles con las secciones transversales y orientaciones donde el nivel medio presenta una alta variabilidad con la sección interna y externo, caso similar sucede en el ápice, mientras el nivel medio presenta una ligera variabilidad respecto a las secciones interno, medio y externo. Con respecto a la orientación sur se observa una variabilidad en la sección interna que aumenta hacia la externa, en el caso de la orientación norte hay una variabilidad de la sección externa hacia interna.

4.2.3. Densidad anhidra

En el Cuadro 16 muestra los resultados de la densidad anhidra, como se observa en los niveles medio y ápice presentan mayor densidad con un promedio de (0,38 g/cm³) disminuyendo hacia la base, para la sección transversal la sección externa (0,39 cm³) fue la mayor a las secciones interno y centro.

Cuadro 15 Valores promedios de la densidad anhidra

Niveles	Densidad Anhidra								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,35	0,36	0,36	0,36
Medio	0,37	0,35	0,35	0,36	0,35	0,35	0,37	0,48	0,42
Ápice	0,38	0,35	0,35	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39
Prom.	0,37	0,35		0,36	0,36		0,37	0,41	
Prom. Orient.	0,36			0,36			0,39		
Prom. Gal.	0,37								

4.2.4. Análisis de varianza para la densidad anhidra

Presentar los resultados de humedad saturada al SPSS para determinar el análisis de varianza (ANVA) y analizar si existen diferencias significativas entre las variables evaluadas No puede haber diferencias significativas de nivel, sección transversal, dirección y otras relaciones e interacciones.

cuadro 16 Análisis de varianza para la densidad anhidra

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	,003	2	,002	,425	0,655	ns
secciones	,007	2	,004	,949	,392	ns
orientaciones	,004	1	,004	,981	0,325	ns
Niveles * secciones	,026	4	,006	1,675	0,165	ns
Niveles * orientaciones	,003	2	,002	,408	0,667	ns
secciones * orientaciones	,004	2	,002	,548	0,581	ns
Niveles * secciones * orientaciones	,007	4	,002	,450	0,772	ns
Error	,274	72	,004			
Total	12,634	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

4.2.5. Densidad básica

De acuerdo con la densidad básica del nivel del tallo, se puede observar que el ápice tiene mayor densidad (0.34 g/cm³) y decrece hacia la raíz,

en la sección transversal la densidad externa es mayor (0.34 g/cm³). Disminución hacia la sección interna, generalmente su densidad básica 0,33g/cm³

Cuadro 17 Valores promedios de la densidad básica

Niveles	Densidad Básica								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,32	0,33	0,32	0,33
Medio	0,33	0,31	0,32	0,33	0,32	0,33	0,34	0,34	0,34
Ápice	0,34	0,32	0,33	0,34	0,35	0,34	0,34	0,35	0,35
Prom.	0,33	0,32		0,33	0,33		0,34	0,34	
Prom. Orient.	0,32			0,33			0,34		
Prom. Gral.	0,33								

4.2.6. Análisis de varianza de la densidad básica

Los resultados obtenidos del contenido de humedad saturada se utilizan en el análisis de varianza (ANVA) para determinar si existe una diferencia entre las variables de evaluación.

Cuadro 18 Análisis de varianza de la densidad básica

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	,002	2	,001	1,355	0,264	ns
Secciones	,001	2	,000	,330	0,720	ns
Orientación	4,000E-05	1	4.000E-05	,049	0,826	ns
Niveles * Secciones	,004	4	,001	1.227	0,307	ns
Niveles * Orientación	,000	2	,000	,248	0,781	ns
Secciones * Orientación	,001	2	,000	,370	0,692	ns
Niveles * Secciones * Orientación	,003	4	,001	,857	0,494	ns
Error	,059	72	,001			
Total	9,871	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

En el Cuadro 19 se observa en los niveles, secciones y orientaciones que no existen diferencias significativas así como también en los demás factores e interacciones al $\alpha = 0,05$ Observando los resultados obtenidos del ANVA, como no hay diferencia significativa en los niveles, secciones y orientaciones no se procedió realizar la prueba de Tukey.

4.3. Determinación de las contracciones: longitudinal, tangencial radial, volumétrica y relación tangencial /radial de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.

4.3.1. Contracción longitudinal

El Cuadro 20 se muestra los resultados de la contracción longitudinal. Para el nivel del tallo, se obtuvo una contracción mayor (0.32%) en la raíz, seguida de la media y la inferior. En la sección transversal, la parte interna mostró una mayor contracción longitudinal (0, 33%) y disminuir hacia el exterior, con respecto a la orientación en nivel ápice, sección centro y orientación sur presenta mayor contracción y en promedio se obtuvo 0,29% de contracción longitudinal.

Cuadro 19 Valores promedios de la contracción longitudinal

Niveles	Contracción Longitudinal								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	0,31	0,24	0,28	0,34	0,34	0,34	0,17	0,17	0,17
Medio	0,40	0,27	0,34	0,13	0,27	0,20	0,22	0,34	0,28
Ápice	0,46	0,27	0,36	0,49	0,19	0,34	0,33	0,20	0,26
Prom.	0,39	0,26		0,32	0,27		0,24	0,23	
Prom. Orient.	0,33			0,29			0,24		
Prom. Gral.	0,29								

4.3.2. Análisis de varianza de la contracción longitudinal

Los resultados obtenidos del contenido contraído longitudinalmente se someten a análisis de varianza (ANVA) para determinar si existe diferencia entre las variables evaluadas.

Cuadro 20 Análisis de varianza de la contracción longitudinal

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig	Símbolo
Niveles	,445	2	,222	4,768	,011	**
Secciones	,136	2	,068	1,458	,239	ns
Orientación	,029	1	,029	,625	,432	ns
Niveles * Secciones	,338	4	,085	1,812	,136	ns
Niveles * Orientación	,147	2	,074	1,578	,213	ns
Secciones * Orientación	,007	2	,003	,074	,929	ns
Niveles * Secciones * Orientación	,026	4	,006	,137	,968	ns
Error	3,359	72	,047			
Total	11,814	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

En el Cuadro 21 se observa en los niveles que el p valor es 0,011 menor que el nivel de significancia al $\alpha = 0,05$ por lo tanto existen diferencias. Además, se observa que no existen diferencias significativas en los demás factores ni en las interacciones.

4.3.3. Prueba de Tukey para los niveles de la contracción longitudinal

Al determinar que existe alta significancia entre los niveles se aplicó el test de rango de Tukey con $\alpha = 0,05$ el cual permitió determinar las diferencias existentes entre los datos promedios.

Cuadro 21 Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para los niveles del fuste

Niveles	N	Valores	Significancia
Ápice	30	0,384	a
Base	30	0,239	a
Medio	30	0,232	b

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey demuestra que no existe diferencia entre el nivel ápice y base, sin embargo, existe alta diferencia entre los niveles base, medio y ápice por lo tanto existen diferencias y se concluye que en los niveles (base, medio y ápice), son diferentes siendo el nivel ápice que alcanzo mayor porcentaje de contracción longitudinal (0,38%), seguido por la base (0,239%) y el menor porcentaje de humedad corresponde al nivel medio (0,23%).

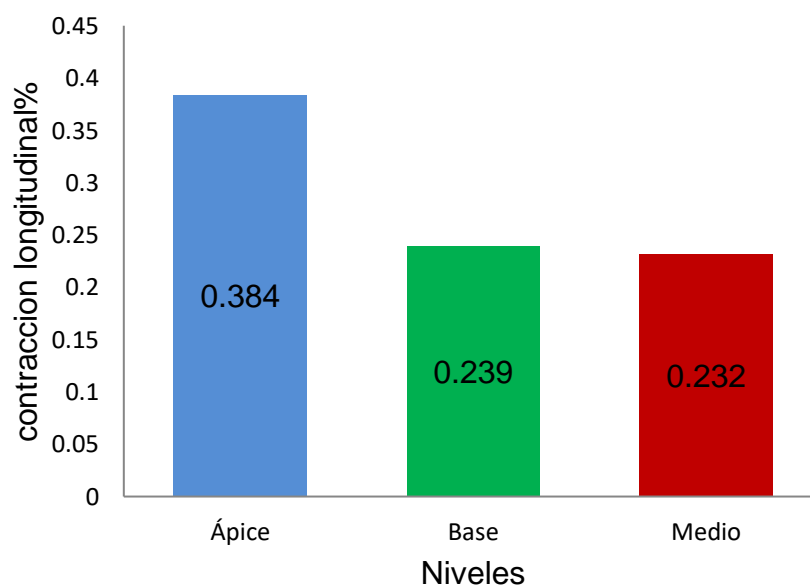


Figura 5 contraccion longitudinal en los tres niveles de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).

4.3.4. Contracción tangencial

En el Cuadro 23 se muestran los resultados de la contracción tangencial, en cuanto al nivel del tallo, se observó una mayor contracción (9%) en el nivel medio, seguida de la base y el ápice. En la sección transversal se observa una ligera diferencia en la parte central (8,89%) con respecto a las partes interior y exterior, con respecto a las orientaciones en el nivel medio de la sección centro y orientación sur presenta mayor contracción; en promedio se obtuvo 8,46% de contracción tangencial.

Cuadro 22 valores promedios de la contracción tangencial

Niveles	Contracción Tangencial								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	8,33	8,85	8,59	8,82	7,45	8,13	7,61	9,17	8,39
Medio	9,01	8,70	8,85	10,76	8,87	9,81	8,07	8,60	8,34
Ápice	8,01	6,72	7,37	8,20	9,24	8,72	8,13	7,82	7,97
Prom.	8,45	8,09		9,26	8,52		7,94	8,53	
Prom. Orient.	8,27			8,89			8,23		
Prom. Gral.	8,46								

4.3.5. Análisis de varianza de la contracción tangencial.

Los resultados de la contracción tangencial fueron sometidos al SPSS para determinar el análisis de varianza (ANVA), y analizar si existe diferencia significativa entre las variables evaluadas.

Cuadro 23 Análisis de varianza de la contracción tangencial

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	3,765	2	1,882	,328	,721	ns
secciones	2,520	2	1,260	,220	,803	ns
orientación	1,895	1	1,895	,330	,567	ns
Niveles * secciones	103,194	4	25,799	4,497	,003	**
Niveles * orientación	20,010	2	10,005	1,744	,182	ns
secciones * orientación	10,825	2	5,412	,943	,394	ns
Niveles * secciones * orientación	12,168	4	3,042	,530	,714	ns
Error	413,031	72	5,737			
Total	7014,267	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

En el Cuadro 24 dado que el valor p es 0.003 menor que el nivel de significancia del 5%, se observa una diferencia significativa en el nivel de interacción/sección transversal. Además, no se observaron diferencias significativas en niveles, secciones transversales, orientaciones y otras relaciones e interacciones, por lo que no se realizó la prueba de Tukey.

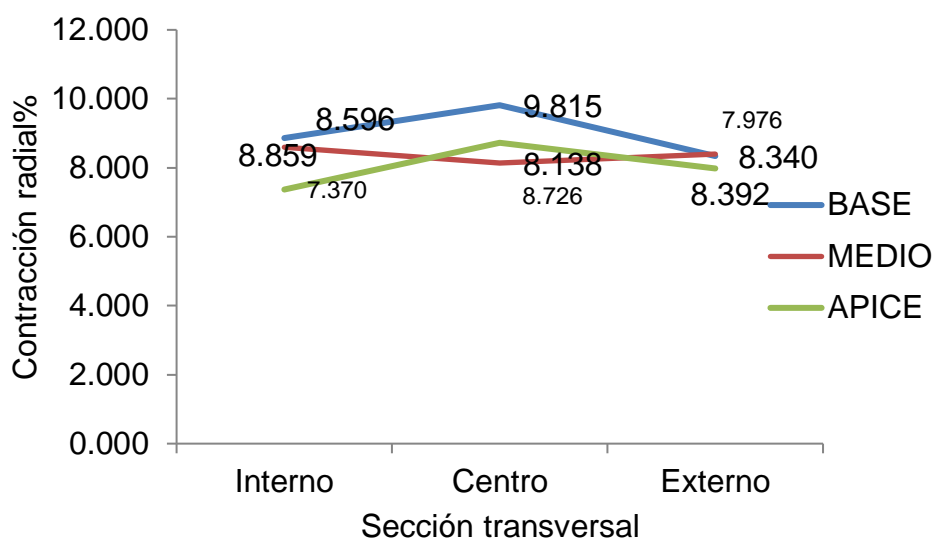


Figura 6 Relación de la contracción radial en los niveles con las secciones transversales

La Figura 4 muestra la interacción entre el nivel y la sección transversal, donde el nivel promedio es ligeramente diferente de las secciones transversales internas y externas, caso similar sucede en el ápice, mientras el nivel base presenta una variabilidad respecto a las secciones centro que disminuye hacia la sección externo e interno.

4.3.6. Contracción radial

En el Cuadro 25 se muestran los resultados de la contracción radial. Para la horizontal, la contracción más alta (5.68%) se obtuvo en el ápice, seguida de la contracción media e inferior, mientras que para la sección transversal, la sección transversal externa mostró una contracción mayor (5.7%). en promedio. 5.2% de contracción radial.

Cuadro 24 valores promedios de la contracción radial

Niveles	Contracción Radial								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	4,86	4,46	4,66	4,25	4,62	4,44	4,34	6,22	5,28
Medio	4,75	5,44	5,09	4,35	5,25	4,80	5,05	5,96	5,50
Ápice	4,67	5,30	4,98	5,79	5,67	5,73	6,64	6,01	6,33
Prom.	4,76	5,06		4,80	5,18		5,35	6,06	
Prom. Orient.	4,91			4,99			5,70		
Prom. Gral.				5,20					

4.3.7. Análisis de varianza de la contracción radial.

Los resultados de la contracción radial se han presentado al SPSS para determinar el análisis de varianza (ANVA) y analizar si existen diferencias significativas entre las variables evaluadas, como se puede observar en niveles,

secciones transversales, direcciones y otras relaciones. No hay una diferencia significativa en la interacción.

Cuadro 25 Análisis de varianza de la contracción radial

VARIABLES	SC	GL	MS	F	Sig.	Símbolo
Modelo corregido	135,133 ^a	17	7,949	1,936	,028	ns
Intersección	2404,670	1	2404,670	585,703	,000	**
Niveles	10,955	2	5,477	1,334	,270	ns
Secciones	25,890	2	12,945	3,153	,049	**
Orientación	38,455	1	38,455	9,366	,003	**
Niveles * Secciones	42,583	4	10,646	2,593	,044	**
Niveles * Orientación	3,015	2	1,508	,367	,694	ns
Secciones * Orientación	8,122	2	4,061	,989	,377	ns
Niveles * Secciones * Orientación	6,113	4	1,528	,372	,828	ns
Error	295,604	72	4,106			
Total	2835,408	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

En el Cuadro 26, dado que el valor p es 0.049 menor que el nivel de significancia del 5%, se puede observar que existen diferencias significativas en la interacción de sección transversal, orientación e interacción nivel / sección transversal. Además, no se observaron diferencias significativas en los niveles, otras relaciones e interacciones, por lo que se utilizó la prueba de Tukey para los cortes transversales.

4.3.8. Prueba de Tukey para las secciones transversales de la contracción radial.

Al determinar la significancia de la sección transversal, se aplica la prueba de rango de Tukey, $\alpha = 0.05$, que puede determinar la diferencia entre los datos promedio.

Cuadro 26 Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para las sección transversal del fuste.

Secciones	N	Valores	Significancia	
Externo	30	5,788	a	
Interno	30	5,238	a	b
Centro	30	4,480		b

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey muestran que no existe diferencia entre la parte exterior y la parte interior, pero sí una gran diferencia entre la parte exterior y el centro, por lo que se puede concluir que estas partes (interna, central y externa) son diferentes, sí La parte externa que alcanza el mayor porcentaje (5,78%), seguido por interno (5,23%) de contracción radial y el menor porcentaje de contracción pertenece al centro (4,48%).

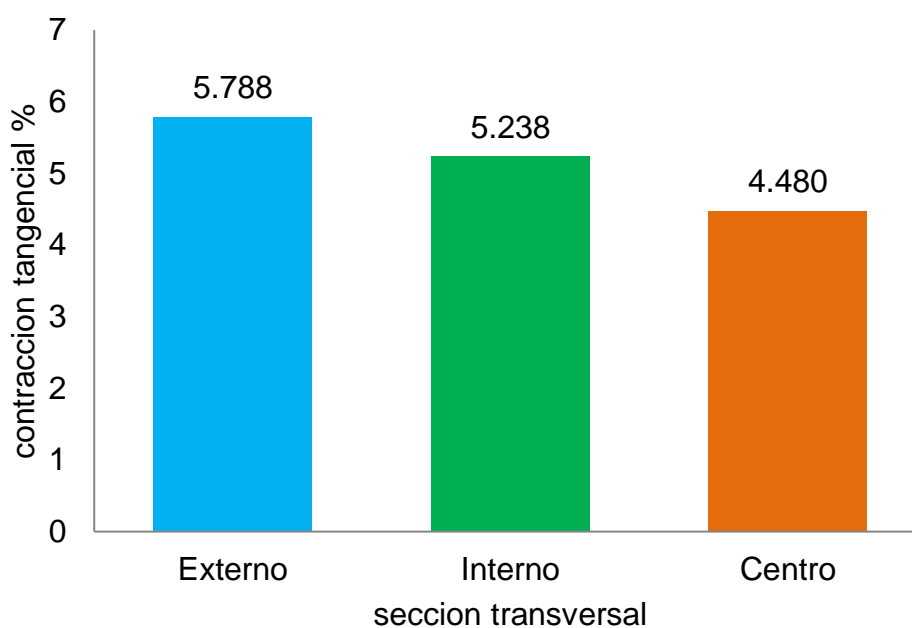


Figura 7 Contracción tangencial en las secciones transversales de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).

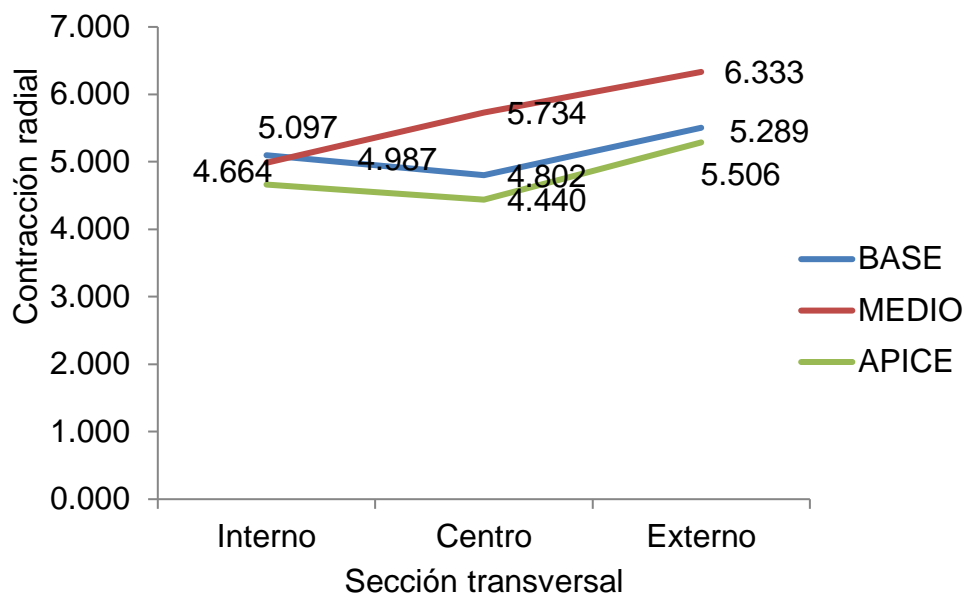


Figura 8 Relación de la contracción radial en los niveles con las secciones transversales

La Figura 8 muestra la interacción entre niveles y secciones transversales, donde el nivel medio y las secciones transversales internas y externas exhiben un alto grado de variabilidad., mientras el nivel base y ápice presenta una variabilidad respecto a las secciones centro que aumenta hacia la sección externo e interna.

4.3.9. Contracción volumétrica

En el Cuadro 28 en cuanto al nivel del tallo, se concluyó que el nivel del ápice mostró mayor contracción (10.09%), seguido de la base y el medio, para el corte transversal, la parte externa mostró mayor contracción. (9,66%) y el de menor contracción es la sección centro, en promedio general se obtuvo 9,52% de contracción volumétrica

Cuadro 27 valores promedios de la contracción volumétrica

Niveles	Contracción Volumétrica								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	8,80	9,20	9,00	8,74	9,24	8,99	8,45	9,93	9,19
Medio	9,01	10,17	9,59	9,10	9,32	9,21	9,33	9,52	9,42
Ápice	10,3	9,92	10,1	9,55	9,95	9,75	10,8	9,90	10,3
Prom.	9,39	9,77		9,13	9,51		9,54	9,78	
Prom. Orient.	9,58			9,32			9,66		
Prom. Gral.				9,52					

4.3.10. Análisis de varianza de la contracción volumétrica.

Los resultados obtenidos de la contracción volumétrica se someten a análisis de varianza (ANVA) para determinar si existe una diferencia significativa entre las variables evaluadas.

Cuadro 28 Análisis de varianza de la contracción volumétrica

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	,311	2	,156	,092	0,912	ns
Secciones	13,210	2	6,605	3,907	0,025	**
Orientación	1,835	1	1,835	1,085	0,301	ns
Niveles * Secciones	24,877	4	6,219	3,678	0,009	**
Niveles * Orientación	4,886	2	2,443	1,445	0,243	ns
Secciones * Orientación	6,540	2	3,270	1,934	0,152	ns
Niveles * Secciones * Orientación	15,066	4	3,767	2,228	0,074	**
Error	121,733	72	1,691			
Total	8344,243	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

En el Cuadro 29 se observa en los niveles que el p valor es 0,025 menor que el nivel de significancia al $\alpha = 0,05$ por lo tanto existen diferencia significativa en la sección transversal como también en la interacción

nivel/sección y nivel*seccione*orientación, así mismo se observa que no existen diferencias significativas en los demás factores ni en las interacciones.

4.3.11. Prueba de Tukey para las secciones transversales de contracción volumétrica.

Al determinar el nivel de significancia, aplique la prueba de rango de Tukey, $\alpha = 0.05$, que puede determinar la diferencia entre los datos promedio.

Cuadro 29 Prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para las secciones transversales del fuste.

Secciones	N	Valores	Significancia	
Externo	30	9,823	a	
Centro	30	9,756	a	b
Interno	30	8,979		b

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey muestran que no existe diferencia entre las partes exterior y central, pero sí existen diferencias entre la parte interior y las partes exterior y central, por lo que se puede concluir que estas partes (interna, central e interna) son diferentes. Más grande por fuera (9,28%), seguido por el centro (9,75%), y el de menor contracción volumétrica fue el interno (8,97%).

4.3.12. Relación tangencial /radial (T/R)

En esta tabla se observa la relación T/R. Según el nivel del tallo, la base presenta una relación T/R más alta (1.42%), seguida por el medio y el ápice, lo que indica que la base presenta un mayor relación relativa a la estabilidad Poca estabilidad. Debido a la baja relación T/R, casi no hay tendencia a agrietarse y agrietarse la madera., para las secciones transversales el interno

presento mayor relación (2,58%) disminuyendo hacia el centro y externo, con respecto a la orientación cardinal se observa que en nivel base de la sección transversal interno y orientación norte se obtuvo mayor relación de T/R con 4,12%.

Cuadro 30. valores promedios de la relación tangencial /radial (T/R)

Niveles	RelaciónTangencial / Radial								
	Interno			Centro			Externo		
	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom	Sur	Norte	Prom
Base	2,21	4,12	3,16	2,43	1,82	2,13	2,13	1,47	1,80
Medio	2,79	1,84	2,31	2,77	1,93	2,35	1,72	1,54	1,63
Ápice	2,46	2,08	2,27	1,69	1,98	1,84	1,55	1,32	1,44
Prom.	2,8	2,68		2,30	1,91		1,0	1,44	
Prom.Orient.	2,585			2,108			1,627		
Prom. Gral.				2,107					

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

Los resultados de la relación T / R se han enviado al SPSS para determinar el análisis de varianza (ANVA) y analizar si existen diferencias significativas entre las variables evaluadas.

Cuadro 31. Análisis de varianza de la relación T/R

VARIABLES	SC	GL	CM	F	Sig.	Símbolo
Niveles	,214	2	,107	1,259	0,290	ns
Secciones	,381	2	,191	2,243	0,113	ns
Orientación	,898	1	,898	10,564	0,002	**
Niveles * Secciones	,633	4	,158	1,861	0,127	ns
Niveles * Orientación	,176	2	,088	1,035	0,360	ns
Secciones * Orientación	,185	2	,093	1,089	0,342	ns
Niveles * Secciones *	,402	4	,101	1,184	0,325	ns
Orientación						
Error	6,121	72	,085			
Total	47,414	90				

** = altamente significativo; ns = no significativo

En el Cuadro 32, se observa en los niveles que el p valor es 0,002 menor que el nivel de significancia al $\alpha = 0,05$ por lo tanto existen diferencia significativa en las orientaciones así mismo se observa que no existen diferencias significativas en los demás factores ni en las interacciones.

**4.3.14. Propiedades físicas generales en promedio de la
madera *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav.ex G. Don
(Achotillo).**

Cuadro 32 Propiedades físicas generales de la especie estudiada

En el Cuadro 33 muestra los resultados generales en promedio de las propiedades físicas estudiada de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo) provenientes de la zona de Codo del Pozuzo – Huánuco.

Propiedad Física	Valor	Unidad	Clasificación
Contenido de humedad saturada (CHs)	108,7	%	
Contenido de humedad seca al aire (CHe)	14,84	%	
Densidad saturada (DS)	0,69	g/cm ³	
Densidad anhidra (DA)	0,37	g/cm ³	
Densidad básica (DB)	0,33	g/cm ³	Baja
Contracción longitudinal (Clg)	0,29	%	
Contracción radial (CRd)	5,26	%	
Contracción tangencial (CTg)	8,46	%	
Contracción volumétrica (CVol)	9,52	%	Baja
Relación tangencial/radial (Tg/Rd)	2,10	%	Estable

V. DISCUSIÓN

5.1. Del contenido de humedad saturada y seca al aire de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.

El promedio del contenido de humedad saturada fue de 108.91%. lo cual es mayor en comparación por Aróstegui *et al.*, (1986) que realizo para la madera de *Zanthoxylum riedelianum Engl* (Hualaja) en ella se obtuvo un promedio del contenido de humedad de 76%.

Asimismo, Gallo (2009) indica que al analizar el contenido de humedad en las secciones radial y tangencial en correlacion a los tres niveles de poste en ello la especie estudiada fue en capirona (*Calycophyllum spruceanum*), el cual el contenido de humedad en la parte basal fue de 62,7%, seguido por la parte media 65,2% y el ápice 68,6%.

5.2. De la densidad saturada de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.

En promedio se obtuvo 0,69 g/m³ para la densidad saturada, este resultado es menor en el estudio realizado por Quispe, A.Y. (2014) *Zanthoxylum riedelianum Engl* (Hualaja) la cual presento un valor promedio de 0,85 g/m³.

5.3. De la densidad anhidra y básica de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol

En promedio general para densidad anhidra se obtuvo $0,37 \text{ g/m}^3$ este resultado es menor a lo encontrado por MAE Y FAO (2014) Investigación de propiedades físicas y mecánicas realizada en Quito, Ecuador en ello se encuentra *Zanthoxylum riedelianum Engl* (Hualaja) con una densidad anhidra de $0,38 \text{ g/m}^3$

Por otra parte, para la densidad básica se obtuvo un promedio de $0,33 \text{ g/cm}^3$, lo cual es mayor a lo encontrado por TORRES (2009) que, realizó en un experimento en el cético (*Cecropia sciadophylla Mart.*), para ello se obtuvo un promedio de $0,32 \text{ g/cm}^3$

5.4. De la contracción longitudinal de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.

Ananías (1992) señala que la contracción longitudinal de la madera suele ser insignificante, y también significa que la contracción longitudinal de la estructura básica de la madera es limitada. Y Pedras (1997) determinó que la contracción longitudinal varía entre 0,1% y 0,9%.

La contracción longitudinal exagerada puede causar defectos, a saber, combaduras y flexiones. En este caso, la especie estudiada solo mostró una contracción longitudinal promedio de 0.29%, por lo que no es fácil de doblar durante el proceso de secado, este resultado es igual a lo encontrado por Quispe, A.Y. (2014) *Zanthoxylum riedelianum Engl* (Hualaja) la cual presento un valor promedio de $0,29 \text{ g/m}^3$

5.5. De la contracción radial y tangencial de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol.

En promedio se obtuvo 5,21% de contracción radial. Este resultado es diferente en comparación con lo obtenido MAE Y FAO (2014) Investigación de propiedades físicas y mecánicas realizada en Quito, Ecuador en ello se encuentra *zanthoxylum riedelianum Engl* (Hualaja) con una contracción radial de 5,77%.

Mientras en la contracción tangencial se obtuvo un promedio 8,46% lo cual es mayor a lo encontrado por Quispe, A.Y. (2014) *Zanthoxylum riedelianum Engl* (Hualaja) la cual presento un valor promedio de 7,91%.

5.6. De la relación T/R de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G.* (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y orientaciones del fuste del árbol.

Según Oliveira y Silva, (2003), señala que la correlación entre la contracción tangencial y la contracción radial se denomina anisotropía, oscilando entre 1.5 y 2.5, por lo que es un indicador importante en el estudio de la contracción de la madera, pues a mayor relación, mayor es la probabilidad del proceso de secado. En este caso la especie estudiada obtuvo un promedio 2,1% de relación T/R. Este resultado es mayor en comparación con lo obtenido Quispe, A.Y. (2014) *Zanthoxylum riedelianum Engl* (Hualaja) la cual presento un valor promedio de 1,79% para la relación T/R. Clasificándose como una madera estable.

VI. CONCLUSIONES

- El mayor contenido de humedad saturada de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo), a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste del árbol fue en nivel base con 109,91%; mientras que el menor contenido de humedad saturada fue en el nivel medio 107,67% y con un promedio de 108,91%, mientras en condición seca al aire se obtuvo un promedio de 14,84% Estos resultados indican que para aplicar el procedimiento de secado artificial se debe considerar el nivel de altura del tallo porque el tallo contiene diferentes porcentajes de agua.
- La mayor densidad saturada para la *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo) fue en el nivel ápice $0,70 \text{ g/cm}^3$ y el menor fue en el nivel base, y se obtuvo un promedio de $0,69 \text{ g/cm}^3$ seguido por la densidad anhidra que se obtuvo un promedio de $0,37 \text{ g/cm}^3$ los niveles medio y ápice presentan mayor densidad con un promedio de $(0,38 \text{ g/cm}^3)$.
- Asimismo, para la densidad básica en mayor proporción se encuentre en el nivel ápice $0,34 \text{ g/cm}^3$ y el menor es en nivel base y se obtuvo un promedio de $0,33 \text{ g/cm}^3$ por lo tanto, las especies en estudio pertenecerán al grupo de baja densidad básica, estos datos permiten inferir que para un uso adecuado se debe trabajar en la base, el medio y el ápice por separado.

- Las contracciones de la madera de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo): en promedio fueron: radial 5,20%; tangencial fue de 8,46%, longitudinal 0,29%, volumétrica 9,52% y relación T/R 2,1% por lo que significa que es una especie baja y estable.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de las propiedades anatómicas a nivel macro y microscópicas para obtener mayor información de la *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo).
- Realizar estudios de las propiedades mecánicas y trabajabilidad de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo) considerando las variables como edad y procedencia, con la finalidad de poder conocer con mayor detalle sus características tecnológicas y de esa manera darle un uso adecuado en la industria de la madera.
- Se recomienda realizar trabajos de experimento en épocas de sequía para conseguir datos más precisos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, L. & Casado, M. 2005. Material de apoyo del curso Tecnología de la madera (en línea). Universidad de Valladolid. España. 35 p. Consultado en 10 ago. 2010.
- Ananías, R. 1992. Física de la Madera. Departamento de ingeniería en maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41 p.
- Ananías, R., Gutierrez, M. 1987. Wáter difusión in Wood. Actas VI Reunión sobre investigación y desarrollo en productos forestales Universidad del Bio – Bio. Chile.41p.
- Aróstegui, A. 1984. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/02. Documento de trabajo N° 2. Lima, Perú. 57 p.
- Aróstegui, A 1976. Estudio tecnológico de las maderas Del Perú. Vol II. Ensayos tecnológicos, Métodos y procedimientos. UNAMA.Lima. 152p.
- Aróstegui, 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.
- Aróstegui, A; Sato, A. 1990. Propiedades Físico – Mecánicas y Usos de dos Especies de Podocarpus (P. Rospigliosii Pilger; P. Montanus vas Meridensis Bucholz y Gray. Revista Forestal del Perú. 4 (1-2). 3 p. Lima, PE.
- Arostegui V.A. y Acevedo M.M, 1969. Evaluación de las propiedades físico mecánicas y usos probables de las maderas de 20 especies de Jenaro Herrera – Loreto. Revista Forestal del peru.V.5(1-2):1-11p.

- Arroyo, J. 1983. Propiedades físicas – mecánicas de la madera, Universidad de los Andes. Merida – Venezuela 186p.
- ASTM. 1998. Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood-Based Materials. Annual Book of ASTM Standards. Section 4, Construction vol 0410 Wood. ASTM D-2395. American society for testing and materials. Easton. 666 p.
- Barber, C. 1982. On the nature and development of the corky excrescences on stems of *Zanthoxylum*. Annals of Botany 6:155-166.
- Bravo, E, M.1993. Anatomía y propiedades físicas de *Pinus radiata* D. Don en diferentes edades. Tesis ing. Forestal. Huancayo – Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 43p.
- Castro, F. 1972. Estudio Anatomice, Físico y Mecanice de 15 Especies Tropicales de Ipaia. Tesis. UNAC. Huancayo. 98 p.
- CHILECALIFICA 2005, Tecnología de la madera. Universidad de Talca, documento técnico nº01, programa Chilecalifica. Talca-Chile. 161 p
- Cuevas, E. 2003. Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Material de apoyo en propiedades físicas y mecánicas. Universidad de Talca Talca, Chile. 68p.
- Coronel, E. 1994. Fundamentos de las propiedades físicas de la madera. Editorial El Liberal, Santiago del Estero. Argentina 1994.
- Coronel, E.O. 1995. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 2da parte: fundamentos de las propiedades mecánicas. Instituto de Tecnología de la Madera, serie de publicaciones 9508. Editorial El Liberal Santiago del Estero – Argentina. 334p.

- 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.
- Díaz, P.P. 2005. Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes Tesis ing. En Industrias de la madera. Talca, Chile. Universidad de Talca, 179p.
- 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.
- 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.
- Ganzhi T.J. 2006. Estudio anatómico de las especies arbóreas del Bosque Nublado de la Estación Científica San Francisco. Tesis de pregrado- Universidad Nacional de Loja- Ecuador. 202p. Disponible en:
- Gonzales, F.R. 1970. Preservación y secado de la madera convenio UNAMEM. Lima. 81p.
- Gonzales, R. 1996. Secado de madera. UNALM. Lima, Perú. 164 p.
- Gonzales, V.R., Bueno, J. 1967. Comportamiento de maderas de Tingo María (U.T.C.F) al tratamiento de preservación a presión. Ceditor, 1(2): 1-17.

- Grigoriev, M. 1985. Estudio para Materiales para Ebanistas y carpinteros Editorial MIR MOSCU – URSS. Rusia. 240p.
- Guadalupe, A; Barcenas, M.1985 “recomendaciones para el uso de 80 maderas de acuerdo con su estabilidad dimensional”, INTREB – LACITEMA nota técnica N°11, México, p.10,11 y 13.
- Gutiérrez, V. y Silva, J. 1999. Información Técnica para el Procesamiento Industrial de 134 Especies Maderables de Bolivia. Serie Técnica XII. Proyecto de Apoyo a la Coordinación e Implementación del Plan de Acción Forestal Para Bolivia FAO – PAFBOL. La Paz, Bolivia.
- Hernández, R.2005. Improved Utilization of Small-Diameter Ponderosa Pine in Glued-Laminated Timber. USDA. Forest Products Laboratory. Res. Pap. FPL-RP-625. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 38 p.
- Herminio, J. 2003. Producto Regular según Conceptos de Contracciones, Contenido de Humedad, Alabeos y. Grietas. Trabajo de Titulación 'presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero en Madera. Valdivia, Chile. -85 p.
- Hildebrant, R. 1962. El secado de la madera aserrada. R. Hidebrant Maschimenban GMBH.Oberboinbengenwrt. 168p.
- Holdridge L. R, 1947 “Determination of World Plant Formations From Simple Climatic Data”, Science, 105(2727):367-368.
- INRENA. 2000. Publicación del mapa ecológico de la zona de vida del bosque húmedo Pre montano Tropical (bh-PMT), bosque muy húmedo - Premontano Tropical (bmh-PT) y bosque pluvial - Premontano Tropical (Bp-PT) Perú.

- 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
- 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.
- Melo, J. 1987, Estudio preliminar del secado de la madera del eucalipto. Junta del Acuerdo de Cartagena. Proyecto FAO/HOLANDA/INFOR. Lima-Perú .20p.
- Panshin, A, DE Zeeuw, C. 1980. Textbook of Wood of technology. McGraw – Hill Book Company. 722pp.
- Perez, V. 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Corporación Nacional Forestal. Santiago. Chile. 451 p.
- Perpiñan, E; Pietrarelli, L.1992. Variabilidad de la densidad y contracción volumétrica de la madera de Prosopis. Invest. Agrar. Sist. Recur.For. 223 -231.
- Simpson, W. 1998. Equilibrium moisture content of Wood in outdoor locations in the United States and Worldwide. United States Department of Agriculture USDA. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 11 p.
- Reyes, E., Valero, S., y Garayse, D. 2003. Estudio preliminar de las propiedades físicas de la especie *Azadirachta indica* (Neem), procedente del Estado Falcón, Venezuela. Revista Forest 47(2) 2003. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales (L.N.P.F.). Sección de

Ensayos 1 y 2. Sección de Aglomerado.3 Mérida - Venezuela. p 23 – 29.

- Quispe, A. 2014. 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 Tornavista – Huánuco.
- Rietz, R. 1978. Storage of Lumber. Forest Products Laboratory. Forest Service. United States Department of Agriculture USDA. Agriculture Handbook No. 531. Madison, Wis. 68 p.
- Rivas, C. y Joachin, J. 2006. Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de cuatro especies de madera del Petén. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 99 pp.
- Silva, J.C. 2005. Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especie 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.
- 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.
- Tusset, R. y Duran, F. 1980. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Montevideo Uruguay. 668 p.

- Tuset, R. 1990. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Hemisferio Sur. Montevideo – Uruguay. 689 p
- 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
- Vásquez, M. A. 1984. Investigación científica: aplicaciones; enfoque ambiental. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Estadística aplicada, Metodología de la Investigación Científica, Pre-grado y Maestría.
- Vignote, S. y Martinez, I. 2006. Tecnología de la madera. Ediciones Mundi – Prensa. 3ª. Edición. Madrid.
- 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.
- WinandY, J. 1994. Wood Properties. USDA-Forest Service, Forest Products Laboratory. Encyclopedia of Agricultural. Science. Orlando, FL: Academic Press: 549-561. Vol. 4. October 1994.
- Zamora, N; Jimenez, Q. y Poveda, L.J. 2000. Arboles de Costa Rica vol. II. Centro Científico Tropical Conservación Internacional & Instituto Nacional de Biodiversidad. Ed. INBio. 374p.
- Zanne A.E; Lopez G.G; Comes D.A; Jansen S.J Y Lewis S.L. 2009. Base de datos de Densidad Global de Maderas. IIAP, Lima - Perú
- Zavala, W. 1999. Estudio morfo pedológico como base para la recuperación de suelos degradados en Tingo María. Tesis Magíster Ciencias en Suelos. Escuela de postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Zuloaga, F., Morrone, O. (Eds). 1999. Catálogo de plantas vasculares de la República Argentina. I. Acanthaceae – Euphorbiaceae. 621p.

IX. ANEXOS

Anexo 01: Certificado de acreditación de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav. ex G. Don (Achotillo).

JARDÍN BOTÁNICO DE MISSOURI

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que la muestra botánica, que fuera enviada por el Bachiller **Yovani Max Tacuche Cervantes**, al Herbario Selva Central Oxapampa (HOXA), para su identificación botánica, corresponde al nombre científico siguiente:

Código asignado en el papel periódico	Nombre científico de la muestra consignada al código en referencia	Familia	Obs.
Achotillo	<i>Bixa platycarpa</i> Ruiz & Pav. ex G. Don	Bixaceae	Este nombre usualmente se cita en la literatura como sinónimo de <i>Bixa orellana</i> L.

De acuerdo a la información entregada la muestra corresponde al Proyecto de Tesis titulado: "VARIABILIDAD LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Bixa* sp. (ACHOTILLO), EN CODO DE POZUZO, HUÁNUCO"

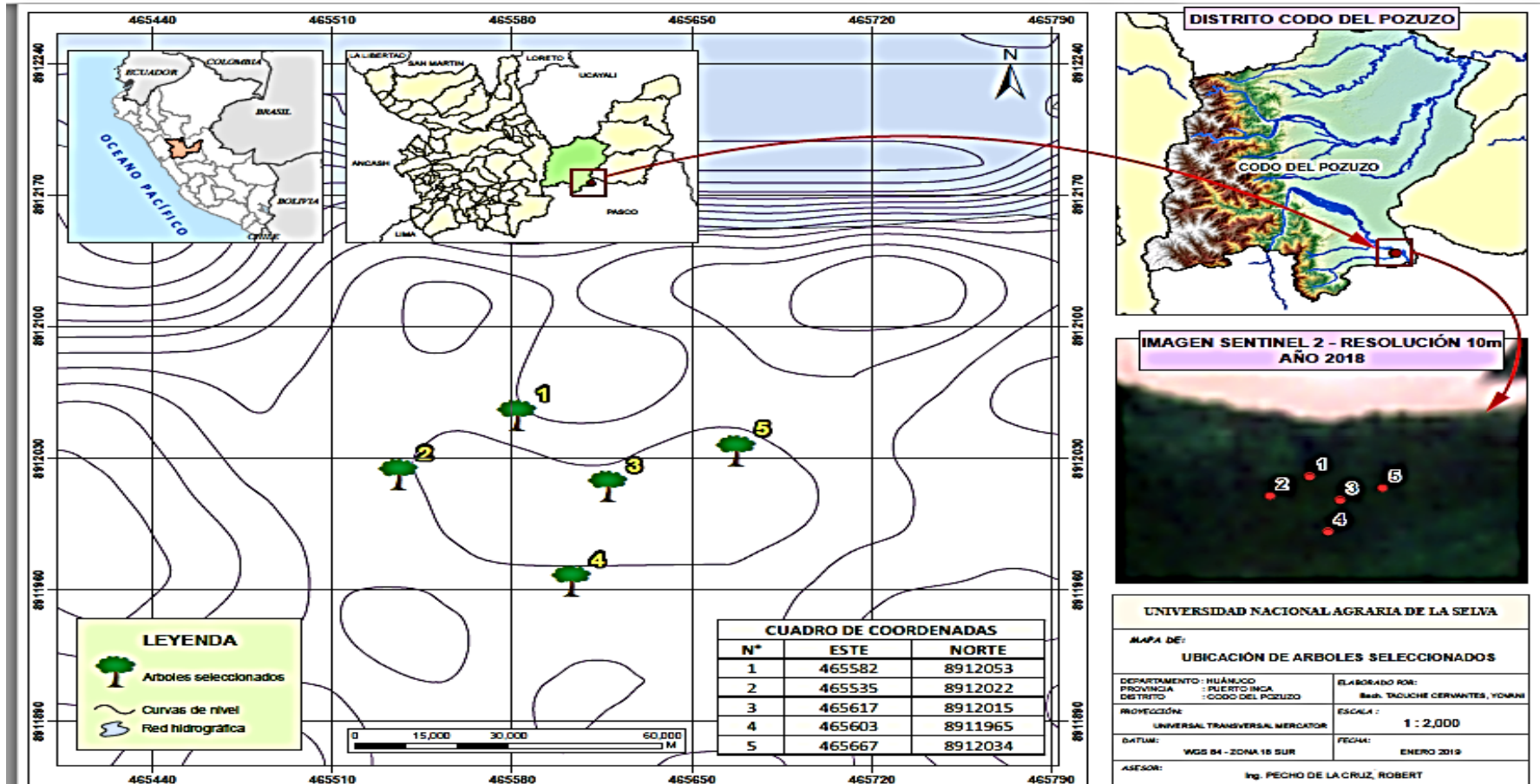
Se expide la presente para los fines que considere conveniente.

Oxapampa, 03 octubre del 2018




Ing. Rodolfo Vásquez Martínez

Anexo 02: Plano de ubicación de cinco arboles de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo) en la zona de Codo del Pozuzo.



Anexo 04: Datos de las evaluaciones realizadas a las probetas de *Bixa platycarpa Ruiz & Pav. ex G. Don* (Achotillo) para la determinación de propiedades físicas.

N° árbol	Niveles	Orientac	Sec. Trans.	Datos húmedo fresco						Datos Seco al horno			
				Peso húmedo (g)	Volumen (cm ³)	Dimensiones (mm)			Peso Anhidro (g)	Volumen (cm ³)	Dimensiones (mm)		
						Lg	Tg	Rd			Lg	Tg	Rd
1	Base	Sur	Interno	20,620	32,730	99,670	17,975	17,950	11,680	31,130	99,330	17,035	16,945
		Sur	Centro	20,940	32,850	100,59	18,345	17,850	10,930	30,300	100,09	17,020	15,620
		Sur	Externo	22,450	32,980	99,660	18,230	18,335	10,450	30,010	99,580	17,790	15,760
		Norte	Interno	20,520	32,390	99,950	18,350	18,995	11,360	30,760	99,580	17,935	16,750
		Norte	Centro	20,740	32,90	100,59	18,205	17,780	10,070	29,690	100,53	17,260	16,685
		Norte	Externo	21,720	34,320	100,61	18,545	18,455	9,480	30,350	100,59	17,510	16,915
	Medio	Sur	Interno	24,980	35,470	100,90	18,925	18,720	13,860	32,680	100,72	17,940	17,675
		Sur	Centro	22,920	34,470	101,01	18,690	18,615	11,040	31,550	100,98	16,501	16,315
		Sur	Externo	22,090	34,960	100,67	18,610	18,475	10,230	31,140	100,48	17,940	16,510
		Norte	Interno	22,980	34,800	100,18	18,508	18,645	11,880	31,900	100,16	17,445	17,665
		Norte	Centro	23,090	34,660	100,65	18,070	18,565	10,930	31,530	100,48	17,670	17,335
		Norte	Externo	24,150	34,800	100,74	18,340	18,430	10,570	31,290	100,63	17,710	16,970
	Ápice	Sur	Interno	28,460	35,550	100,34	18,360	19,010	14,550	32,490	100,15	17,590	17,830
		Sur	Centro	25,850	35,230	100,91	18,35	18,360	12,650	32,640	100,37	17,650	17,070
		Sur	Externo	21,210	35,440	100,48	18,030	18,505	10,750	30,010	99,980	17,790	17,690
		Norte	Interno	25,810	34,670	99,920	19,040	18,830	13,020	31,420	99,660	17,680	17,665
		Norte	Centro	25,650	35,950	100,67	18,470	18,62	12,780	32,490	100,57	18,020	17,650
		Norte	Externo	23,620	35,960	101,27	19,025	18,48	11,370	32,740	101,19	18,045	17,080
2	Base	Sur	Interno	26,30	40,180	100,29	19,504	19,935	13,060	35,980	99,960	18,120	18,780

3	Medio	Sur	Centro	25,210	39,680	101,40	19,400	19,795	12,600	35,600	101,08	18,870	17,320
		Sur	Externo	25,240	39,940	100,31	19,500	19,845	13,990	36,260	100,03	18,480	18,055
		Norte	Interno	29,730	40,260	100,59	19,070	19,925	11,850	34,870	100,43	18,865	17,300
		Norte	Centro	27,610	39,860	101,52	19,540	19,685	12,850	35,780	100,98	19,040	17,805
		Norte	Externo	28,530	40,030	101,60	19,800	19,530	14,640	36,230	101,35	18,865	18,135
		Sur	Interno	28,60	39,980	102,66	19,290	19,620	13,990	36,120	101,96	18,110	17,275
		Sur	Centro	32,160	41,950	102,00	20,620	20,670	15,780	37,900	101,73	19,870	18,070
		Sur	Externo	30,890	40,970	102,15	19,890	20,255	15,270	37,100	101,99	18,420	18,750
		Norte	Interno	25,320	40,000	100,73	19,990	20,070	12,130	35,940	100,66	18,440	18,120
	Norte	Centro	26,750	39,900	100,16	19,970	19,955	13,330	35,750	100,04	19,010	17,440	
	Norte	Externo	28,320	40,080	100,75	20,270	20,140	14,460	35,820	100,29	18,425	17,490	
	Ápice	Sur	Interno	26,950	40,260	99,130	20,135	20,270	12,520	36,090	98,190	19,810	18,540
		Sur	Centro	25,930	39,080	97,880	19,610	20,250	12,610	34,830	97,840	19,010	18,400
		Sur	Externo	26,840	38,980	99,460	19,990	19,590	13,590	34,640	99,270	18,310	17,440
		Norte	Interno	29,630	40,750	100,58	20,140	20,150	13,890	37,000	100,57	19,200	18,765
		Norte	Centro	31,160	40,560	101,12	20,200	19,975	14,390	36,640	100,95	18,785	17,100
		Norte	Externo	30,540	40,280	101,85	19,840	20,080	15,540	36,190	101,57	18,410	18,085
	Base	Sur	Interno	30,230	40,660	101,68	20,000	20,080	12,900	36,840	101,34	19,010	18,830
		Sur	Centro	27,870	40,190	101,53	19,990	20,170	13,410	36,570	101,41	19,040	18,840
		Sur	Externo	28,790	40,150	101,28	19,880	20,140	14,110	36,670	101,06	18,380	18,830
		Norte	Interno	31,040	40,710	100,17	20,560	20,330	12,900	36,630	99,950	19,130	18,940
		Norte	Centro	26,020	39,150	99,700	19,760	20,045	12,410	35,410	99,360	18,730	18,135
		Norte	Externo	28,590	40,090	100,93	19,960	20,530	14,460	36,530	100,87	18,400	18,765
	Medio	Sur	Interno	27,100	40,240	101,64	20,066	19,805	12,540	35,960	101,49	19,680	17,630
Sur		Centro	25,910	40,190	101,46	20,040	19,925	12,980	36,600	101,13	19,110	18,050	

4		Sur Externo	25,470	39,770	100,93	20,010	19,765	13,660	36,270	100,63	19,040	18,050
		Norte Interno	28,270	40,520	100,71	20,340	19,980	12,090	35,780	100,62	19,720	17,560
		Norte Centro	27,420	40,420	101,80	20,055	19,860	12,480	36,450	101,67	19,110	18,410
		Norte Externo	29,900	39,740	100,75	20,105	19,860	14,770	36,100	100,53	19,085	18,065
	Ápice	Sur Interno	26,860	40,830	99,990	20,315	20,395	12,210	36,000	99,910	18,260	18,610
		Sur Centro	30,200	41,390	102,00	19,940	20,290	13,370	36,990	101,35	18,410	18,540
		Sur Externo	27,190	40,210	100,12	19,955	20,030	13,410	36,470	100,09	18,450	18,780
		Norte Interno	26,250	41,500	101,46	20,200	20,570	11,550	37,130	101,36	19,925	18,920
		Norte Centro	30,330	39,880	100,79	19,890	20,225	14,210	35,980	100,51	19,410	18,790
		Norte Externo	29,160	40,080	100,82	20,140	20,310	14,430	36,120	100,59	19,100	18,940
	Base	Sur Interno	28,810	39,770	101,48	20,040	19,660	12,300	36,100	100,97	19,090	17,460
		Sur Centro	24,360	39,970	101,98	20,040	19,955	12,140	36,800	101,71	19,170	18,910
		Sur Externo	25,290	39,930	101,67	19,870	20,190	12,840	36,970	101,54	19,020	18,610
		Norte Interno	25,600	41,180	101,12	20,165	20,105	12,620	37,710	100,87	18,730	18,930
		Norte Centro	24,980	40,670	101,54	20,310	19,970	11,740	37,270	101,24	19,230	18,840
		Norte Externo	24,890	40,550	101,66	20,160	20,160	12,850	36,960	101,45	18,940	19,020
	Medio	Sur Interno	26,290	39,860	101,99	20,100	19,690	12,960	36,960	101,06	19,020	18,040
		Sur Centro	25,910	39,800	101,51	19,960	19,780	12,510	36,460	100,51	19,000	18,040
		Sur Externo	26,940	40,920	101,69	19,975	20,166	13,650	37,440	101,68	19,060	18,920
		Norte Interno	26,970	39,990	102,06	20,052	19,935	13,690	36,660	101,33	19,125	18,610
		Norte Centro	26,440	39,770	100,70	20,130	19,995	12,970	36,460	100,24	18,615	18,810
		Norte Externo	26,790	40,340	101,52	19,995	20,095	13,750	36,920	100,70	19,030	18,830
	Ápice	Sur Interno	29,320	41,440	102,25	20,140	20,040	14,000	37,010	101,88	19,670	18,820
		Sur Centro	28,830	40,490	102,62	19,090	20,100	13,640	36,680	101,86	19,170	18,170
Sur Externo		30,160	43,610	100,73	20,110	21,475	15,220	39,700	100,17	18,380	18,830	

		Norte	Interno	27,220	40,960	100,86	19,960	20,270	12,820	37,250	100,68	19,110	18,990
		Norte	Centro	27,410	39,150	100,66	19,510	20,175	13,460	35,660	100,45	18,640	18,500
		Norte	Externo	25,560	40,940	101,94	19,905	20,290	13,350	36,840	101,90	18,430	18,920
	Base	Sur	Interno	28,910	39,620	100,72	19,850	20,060	11,970	35,640	100,66	19,390	17,480
		Sur	Centro	27,820	40,360	100,43	20,240	20,190	13,130	36,840	99,900	19,790	18,720
		Sur	Externo	28,380	40,630	100,40	20,190	20,034	13,400	37,390	100,21	19,730	18,810
		Norte	Interno	26,300	40,760	99,920	20,120	20,335	13,480	37,020	99,68	19,135	18,990
		Norte	Centro	28,970	40,620	101,65	20,125	20,060	13,280	37,240	101,14	19,150	18,780
		Norte	Externo	29,120	40,510	101,36	20,520	20,520	12,020	36,110	101,03	19,090	17,210
		Sur	Interno	26,090	40,800	101,69	20,230	20,145	11,810	36,860	101,58	19,780	18,500
		Sur	Centro	27,080	39,000	101,20	19,890	19,935	11,090	35,070	101,13	19,430	17,810
		Sur	Externo	28,540	39,620	101,59	20,155	19,865	13,270	36,060	101,10	19,180	18,380
5	Medio	Norte	Interno	25,600	40,530	101,67	19,890	20,930	10,800	35,510	101,16	18,690	18,880
		Norte	Centro	27,830	38,610	100,40	20,560	19,590	12,270	35,110	99,890	19,120	17,260
		Norte	Externo	27,190	39,280	101,06	20,510	19,570	13,620	35,640	100,95	19,000	18,280
		Sur	Interno	30,100	40,530	100,46	20,190	20,580	13,640	36,330	99,710	19,160	18,420
		Sur	Centro	31,080	41,160	102,04	20,360	19,755	14,770	37,250	101,51	18,510	18,440
		Sur	Externo	29,300	40,200	101,07	20,510	19,430	15,130	36,380	100,67	19,000	18,125
		Norte	Interno	26,830	41,130	101,99	20,160	20,165	11,630	36,420	101,16	18,330	18,910
		Norte	Centro	29,040	40,230	100,44	20,590	19,890	12,880	35,480	100,21	18,110	17,660
		Norte	Externo	28,970	40,900	100,09	20,265	19,695	14,500	36,600	99,710	19,220	18,10

Anexo 05: Datos para análisis de varianza para las diferentes variables *Bixa platycarpa Ruiz & Pav.ex G. Don* (Achotillo).

Niveles	Sec. Trans.	Orient.	Repetición	CH (%)	CHE (%)	DH (g/cm ³)	DA (g/cm ³)	DB (g/cm ³)	CRD (%)	CTG (%)	CLG (%)	CV (%)	T/R (%)
1	1	1	1	76,541	14,298	0,630	0,375	0,357	5,229	5,599	0,341	4,888	1,071
1	1	1	2	91,583	14,456	0,637	0,361	0,333	7,223	12,493	0,497	7,763	1,730
1	1	1	3	114,833	14,641	0,681	0,348	0,317	2,414	8,590	0,080	9,005	3,559
1	1	1	4	80,634	14,173	0,634	0,369	0,351	2,262	11,819	0,370	5,032	5,226
1	1	1	5	105,958	14,598	0,630	0,339	0,306	5,191	6,159	0,060	9,757	1,186
1	1	2	1	129,114	14,768	0,633	0,312	0,276	5,581	8,345	0,020	11,568	1,495
1	1	2	2	80,231	12,482	0,704	0,423	0,389	5,205	5,582	0,178	7,866	1,073
1	1	2	3	107,609	14,674	0,665	0,350	0,320	6,362	12,356	0,030	8,471	1,942
1	1	2	4	115,934	15,054	0,632	0,329	0,293	3,600	10,636	0,189	10,927	2,954
1	1	2	5	93,434	14,731	0,660	0,372	0,341	5,743	5,256	0,020	8,333	0,915
1	2	1	1	111,253	14,822	0,666	0,347	0,315	2,214	6,625	0,169	9,031	2,993
1	2	1	2	128,477	15,043	0,694	0,338	0,304	3,435	7,922	0,109	10,086	2,306
1	2	1	3	95,601	15,052	0,801	0,448	0,409	4,194	6,207	0,189	8,608	1,480
1	2	1	4	104,348	15,257	0,734	0,388	0,359	3,815	7,026	0,535	7,352	1,842
1	2	1	5	97,302	15,256	0,598	0,358	0,303	1,331	4,404	0,498	15,322	3,309
1	2	2	1	98,233	15,207	0,744	0,414	0,376	7,143	6,187	0,260	9,374	0,866
1	2	2	2	100,704	14,710	0,713	0,393	0,355	2,436	5,209	0,099	9,624	2,138
1	2	2	3	107,740	15,128	0,657	0,347	0,316	5,151	7,576	0,079	8,954	1,471
1	2	2	4	101,378	14,701	0,655	0,363	0,325	7,096	5,794	0,329	10,453	0,816
1	2	2	5	100,079	15,317	0,635	0,354	0,318	2,732	12,503	0,316	10,282	4,577
1	3	1	1	80,15	14,725	0,632	0,386	0,350	5,231	9,020	0,279	9,214	1,724

1	3	1	2	150,886	15,105	0,738	0,340	0,294	1,075	13,174	0,159	13,388	12,25
1	3	1	3	114,864	15,175	0,693	0,359	0,322	2,559	9,550	0,532	10,236	3,732
1	3	1	4	94,877	14,891	0,713	0,404	0,366	4,722	7,143	0,246	9,493	1,513
1	3	1	5	104,432	14,224	0,715	0,387	0,350	6,117	11,952	0,682	9,655	1,954
1	3	2	1	103,802	15,082	0,767	0,416	0,376	3,637	12,579	0,265	9,654	3,458
1	3	2	2	102,292	14,735	0,754	0,412	0,373	7,391	7,430	0,157	9,446	1,005
1	3	2	3	108,739	15,087	0,633	0,338	0,303	7,754	9,716	0,069	10,150	1,253
1	3	2	4	100,675	14,929	0,670	0,373	0,334	4,807	12,603	0,120	10,401	2,622
1	3	2	5	95,851	23,721	0,707	0,404	0,361	9,102	13,158	0,457	10,629	1,446
2	1	1	1	115,256	15,016	0,669	0,347	0,311	1,614	8,535	0,948	10,358	5,288
2	1	1	2	105,630	14,909	0,664	0,362	0,323	3,060	9,136	0,041	10,875	2,986
2	1	1	3	97,498	14,937	0,689	0,392	0,349	8,404	10,975	0,191	11,134	1,306
2	1	1	4	113,319	14,903	0,727	0,375	0,341	4,667	6,873	0,010	9,202	1,473
2	1	1	5	116,539	14,871	0,768	0,393	0,355	7,005	14,393	0,168	9,665	2,055
2	1	2	1	96,525	6,885	0,758	0,429	0,386	7,208	9,935	0,275	10,154	1,378
2	1	2	2	134,341	14,961	0,743	0,350	0,317	4,950	6,225	0,334	9,395	1,258
2	1	2	3	107,830	14,541	0,693	0,367	0,334	4,752	6,594	0,118	9,007	1,388
2	1	2	4	104,040	14,529	0,717	0,385	0,351	7,545	6,504	0,217	8,667	0,862
2	1	2	5	140,620	15,116	0,762	0,352	0,317	6,955	6,837	0,220	10,022	0,983
2	2	1	1	109,670	14,827	0,665	0,350	0,317	5,213	9,529	0,341	9,553	1,828
2	2	1	2	97,718	14,661	0,713	0,396	0,361	7,816	8,597	0,059	8,880	1,100
2	2	1	3	116,108	10,287	0,673	0,349	0,312	1,924	10,982	0,148	10,636	5,709
2	2	1	4	99,615	14,561	0,645	0,355	0,323	4,641	9,410	0,325	8,933	2,028
2	2	1	5	86,457	14,495	0,640	0,377	0,343	4,848	8,677	0,297	8,801	1,790
2	2	2	1	133,830	15,054	0,698	0,338	0,298	3,048	12,112	0,089	11,698	3,974
2	2	2	2	119,712	14,744	0,678	0,342	0,309	4,712	7,301	0,128	9,822	1,549

2	2	2	3	102,437	14,692	0,752	0,409	0,372	5,073	9,038	0,218	9,160	1,782
2	2	2	4	119,984	14,824	0,658	0,339	0,299	10,116	8,752	0,080	11,830	0,865
2	2	2	5	125,879	15,108	0,730	0,361	0,323	7,673	8,625	0,637	10,631	1,124
2	3	1	1	102,759	14,765	0,676	0,368	0,333	7,542	6,241	0,030	9,301	0,827
2	3	1	2	127,273	15,152	0,633	0,311	0,278	1,361	8,021	0,099	10,530	5,892
2	3	1	3	113,441	14,989	0,761	0,395	0,356	2,413	7,095	0,278	9,779	2,940
2	3	1	4	102,079	14,900	0,728	0,400	0,360	5,164	6,745	0,228	9,880	1,306
2	3	1	5	134,228	14,390	0,724	0,341	0,309	4,741	11,190	0,503	9,228	2,361
2	3	2	1	100,659	14,415	0,609	0,330	0,304	4,341	5,237	0,265	7,931	1,206
2	3	2	2	96,963	14,408	0,633	0,347	0,322	4,278	7,826	0,128	7,413	1,829
2	3	2	3	102,853	15,531	0,622	0,335	0,306	7,116	5,844	0,247	8,426	0,821
2	3	2	4	112,777	14,651	0,614	0,315	0,289	5,318	5,658	0,295	8,360	1,064
2	3	2	5	93,696	14,786	0,614	0,348	0,317	6,052	5,655	0,207	8,853	0,934
3	1	1	1	102,855	13,040	0,660	0,351	0,325	5,373	8,380	0,912	7,275	1,560
3	1	1	2	107,114	14,548	0,651	0,343	0,314	4,810	8,797	0,000	8,392	1,829
3	1	1	3	97,363	14,505	0,658	0,365	0,334	4,581	6,179	0,010	8,504	1,349
3	1	1	4	97,005	14,828	0,674	0,373	0,342	4,623	6,647	0,715	8,327	1,438
3	1	1	5	103,855	14,726	0,665	0,356	0,326	7,526	5,926	0,457	8,323	0,787
3	1	2	1	94,836	14,618	0,664	0,372	0,341	4,826	6,295	0,808	8,478	1,304
3	1	2	2	109,429	14,929	0,708	0,378	0,338	2,334	6,088	0,362	10,690	2,609
3	1	2	3	111,364	14,956	0,712	0,372	0,337	5,343	9,602	0,741	9,410	1,797
3	1	2	4	98,160	14,849	0,692	0,383	0,349	8,603	12,317	0,556	8,966	1,432
3	1	2	5	112,324	14,899	0,665	0,344	0,313	4,259	6,315	0,178	9,058	1,483
3	2	1	1	103,640	14,859	0,700	0,377	0,344	4,459	8,302	0,209	8,914	1,862
3	2	1	2	91,461	14,757	0,624	0,362	0,326	7,410	6,752	0,039	10,015	0,911
3	2	1	3	141,520	14,536	0,730	0,336	0,302	2,317	12,861	0,060	10,045	5,550

			4	111,881	14,318	0,689	0,356	0,325	2,223	7,281	0,528	8,722	3,275
3	2	1											
3	2	1	5	111,791	14,328	0,698	0,358	0,330	2,278	6,110	0,189	7,974	2,682
3	2	2	1	95,104	14,392	0,645	0,364	0,331	4,896	6,614	0,240	9,176	1,351
3	2	2	2	118,148	14,834	0,713	0,357	0,327	4,845	6,381	0,502	8,321	1,317
3	2	2	3	142,263	15,058	0,719	0,333	0,297	6,969	16,131	0,326	10,862	2,315
3	2	2	4	120,914	11,008	0,639	0,320	0,289	2,224	8,166	0,108	9,657	3,671
3	2	2	5	144,184	14,788	0,694	0,316	0,284	2,313	10,660	0,069	10,077	4,609
3	3	1	1	115,072	14,544	0,720	0,368	0,335	4,838	7,475	0,482	8,985	1,545
3	3	1	2	137,037	15,093	0,632	0,304	0,266	6,033	9,795	0,502	12,386	1,623
3	3	1	3	126,813	14,833	0,721	0,349	0,318	7,004	11,894	0,508	9,065	1,698
3	3	1	4	99,633	14,611	0,692	0,871	0,347	7,362	6,592	0,109	9,267	0,895
3	3	1	5	120,674	14,956	0,743	0,375	0,337	5,102	10,496	0,747	10,363	2,057
3	3	2	1	110,427	14,692	0,755	0,397	0,359	9,086	6,657	0,519	9,500	0,733
3	3	2	2	93,655	14,607	0,729	0,416	0,376	7,362	6,716	0,396	9,502	0,912
3	3	2	3	130,696	14,789	0,652	0,319	0,283	9,077	6,224	0,814	11,451	0,686
3	3	2	4	125,466	14,984	0,722	0,363	0,320	12,045	11,212	0,229	11,807	0,931
3	3	2	5	99,793	14,828	0,708	0,396	0,355	5,157	8,099	0,380	10,513	1,570

Anexo 06: Panel fotográfico.

Figura 9 Ubicación de los árboles de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav.ex G. Don (Achotillo).



Figura 10 marcado de los árboles seleccionados



Figura 11 Registro del diámetro de los arboles



Figura 12 Tumbado de los arboles seleccionados



Figura 13 Medición de altura (HC, HT), y las secciones (Base, Medio y Ápice).



Figura 14 Obtención de las rodajas del árbol



Figura 15 Envío de muestra para la identificación del árbol



Figura 16 Obtención de las probetas



Figura 17 Codificación de las probetas

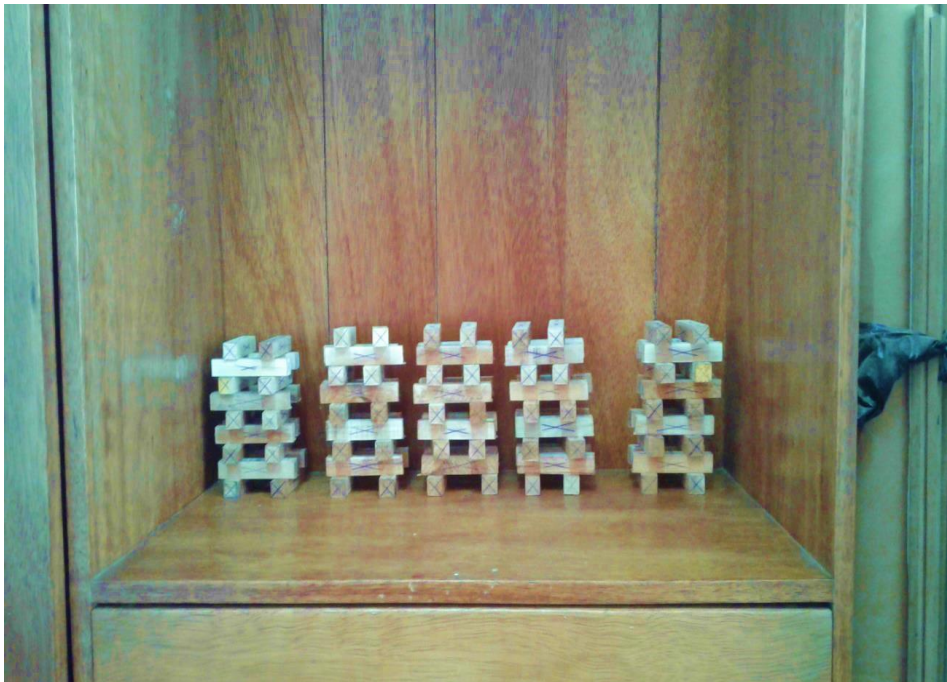


Figura 18 Secado al aire libre



Figura 19 Secado en la estufa



Figura 20 Medición de la contracción radial y tangencial



Figura 21 Medición de las contracciones longitudinales



Figura 22 Evaluación diaria del peso al aire libre



Figura 23 Verificación del contenido de humedad en el ambiente del secado al aire libre



Figura 24 Inmersión de probeta por el método de Arquímedes para el volumen.



Figura 25 Árbol de *Bixa platycarpa* Ruiz & Pav.ex G. Don (Achetillo).