UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

"DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Guazuma ulmifolia* Lam (bolaina negra) Y SU VARIACIÓN POR NIVELES DEL FUSTE"

PROCEDENTE DEL CICFOR - MACUYA

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:
Becker Cachique Córdova

PUCALLPA - PERÚ
2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

COMISION DE GRADOS Y TITULOS
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 277

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 11:30 am, del día 06 de Noviembre del 2014, se reunieron en la butaca N° 1 de la Universidad Nacional de Ucayali, los miembro del jurado calificador conformado por:

Ing. M. Sc. Iván Salvador Cárdenas : Presidente

Ing. Clovis Ramírez Ramírez : Miembro

Lic. Desiderio Vásquez Placido : Miembro

Para proceder a evaluar la sustentación de tesis titulada **"DETERMINACION DE LOS VALORES DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE LA MADERA DE *Guazuma ulmifolia* Lam (Bolaina negra), y su variación por niveles de fuste procedente del CICFOR-MACUYA**, sustentado por el **Bach. Becker Cachique Córdova.**

Culminado la exposición se procedió al rol de preguntas por los miembros del jurado, siendo absueltas satisfactoriamente por el tesista, razón por el cual, la tesis fue aprobado por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO**, quedando el tesista expedido para optar el Título profesional de **Ingeniero Forestal.**

Siendo las 12:50 pm, del mismo día se dio por concluido este acto académico.

.....
Ing. M. Sc. Iván Salvador Cárdenas
PRESIDENTE

.....
Ing. Clovis Ramírez Ramírez
MIEMBRO

.....
Lic. Desiderio Vásquez Placido
MIEMBRO

Cc. Decano
Asesor
Miembros del Jurado (3)
Interesado
Archivo

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme en este proceso de aprendizaje y por todas y cada uno de las bendiciones ha dado. A mis padres Javier y Doris por el apoyo incondicional, y la dedicación para mi formación como profesional.

A mis hermanos Gino y Diego, quienes comparten todas mis alegrías y tristezas, y en especial a la memoria de mis seres queridos que partieron al más allá, y desde el cielo me ilumina al camino del éxito a mis tíos Roberto Córdova Bardales y Jaime Córdova Bardales mi querida Abuelita Otilia Camasca Cahuate, en especial a mis amigos por el apoyo espiritual para cumplir con mis metas.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a las siguientes personas:

Al Ing. M. Sc. David Gerardo Lluncor Mendoza asesor del presente trabajo por su invalorable y desinteresado apoyo en la elaboración y culminación de la tesis.

Al Ing. M. Sc, Iván Salvador Cárdenas; por sus aportes y apoyo incondicional en la realización de la presente investigación.

Al Ing. Leticia Guevara Salinicov; por sus aportes brindados en el presente trabajo.

Al Ing. Clovis Ramírez Ramírez; por sus aportes brindados en el presente trabajo.

Al Ing. Víctor Hugo Correa Noriega, por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, que contó con el del apoyo financiero y logística en todas las fases del proyecto de tesis.

De una manera muy especial a la Señorita Lourdes Lizeth Graña Sandoval por sus apoyo incondicional y moral en todo mi formación académica y animo constante brindada en el desarrollo de la presente tesis.

A todos los docentes de la facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, escuela Profesional de Ingeniería Forestal por los conocimientos teóricos y prácticos que me brindaron durante mi formación académica.

A mi amiga Marylin Silvano Cahuaza, por su colaboración de la toma de datos de los ensayos de la medición de las probetas en estudio.

A todas las personas que de una u otra manera han contribuido con el desarrollo y finalización del presente estudio.

INDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTO iv
INDICE DE CONTENIDO v
INDICE DE CUADRO viii
INDICE DE GRAFICOS xi
INDICE DE ANEXOS xiii
RESUMEN xiv
SUMMARY xv
INTRODUCCION 1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
1.1. Formulación del problema 4
1.2. Justificación 5
1.3. Objetivos 6
1.3.1. Objetivo general 7
CAPITULO II: MARCO TEORICO 8
2.1. Antecedentes del problema 8
2.1.1. Características generales de la especie 8
A. Clasificación taxonómica 8
B. Distribución y hábitat 9
B.1. Distribución 9
B.2. Hábitat 9
C. Descripción del árbol 9
D. Fenología, polinización y dispersión 10
E. Usos 11
F. Silvicultura 11
G. Características organolépticas 12
H. Características macroscópicas de la madera 13
I. Características tecnológicas 14
2.1.2. Variación de las propiedades físicas de las maderas estudiadas 15

2.2. Planteamiento teórico del problema..... 17
2.2.2. Propiedades físicas..... 18
A. Contenido de humedad..... 18
B. Densidad..... 21
C. Peso específico..... 22
D. Contracción..... 23
2.2.3. Relación características anatómicas y propiedades físicas... 26
2.2.4. Métodos de determinación de las propiedades físicas..... 29
2.3. Definición de términos básicos..... 30
CAPITULO III: METODOLOGÍA..... 34
3.1. Descripción del lugar donde se desarrolló el estudio..... 34
3.1.1. Lugar de ejecución..... 34
3.1.2. Ecología..... 34
3.1.3. Relieve..... 34
3.1.4. Suelo..... 35
3.2. Método de investigación..... 35
3.3. Población y muestras..... 35
3.4. Materiales y equipos..... 36
3.4.1. Materiales de campo..... 36
3.4.2. Equipos de campo..... 36
3.4.3. Materiales de laboratorio..... 36
3.4.4. Equipos de laboratorio..... 36
3.4.5. Materiales de carpintería..... 37
3.4.6. Equipos de carpintería..... 37
3.5. Procedimientos de recolección de datos..... 37
3.5.1. Selección de árboles..... 37
3.5.2. Colección de muestras botánicas e identificación..... 37
3.5.3. Extracción de rodajas..... 39
3.5.4. Acondicionamiento de rodajas..... 39
3.5.5. Obtención de las probetas..... 39
A. Para propiedades físicas..... 39
B. Para la descripción anatómica..... 41
3.5.6. Codificación de probetas..... 41

3.5.7. Descripción anatómica de la madera..... 41
3.5.8. Ejecución de ensayos de propiedades físicas de la madera.. 42
A. Condición seco al aire..... 43
B. Condición seco al horno..... 43
3.5.9. Determinación de las propiedades físicas..... 44
A. Contenido de humedad..... 44
B. Densidad..... 44
C. Peso específico..... 45
D. Contracción tangencial, radial, longitudinal y volumétrica. 46
3.6. Tratamiento de los datos..... 46
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION..... 47
4.1. Características generales de la madera..... 47
4.1.1. Albura y duramen..... 47
4.1.2. Anillos de crecimiento..... 47
4.2. Propiedades físicas de la especie..... 47
4.2.1. Contenido de humedad..... 48
4.2.2. Densidad saturada por niveles de fuste..... 49
4.2.3. Densidad seco al aire..... 51
4.2.4. Densidad seco al horno..... 53
4.2.5. Densidad básica..... 56
4.2.6. Peso específico seco al aire..... 59
4.2.7. Contracción tangencial..... 62
4.2.8. Contracción radial..... 66
4.2.9. Contracción longitudinal..... 69
4.2.10. Contracción volumétrica..... 72
4.2.11. Relación de la contracción tangencial / contracción radial... 75
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 76
5.1. Conclusiones..... 76
5.2. Recomendaciones..... 77
CAPITULO V: BIBLIOGRAFIA..... 78

INDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Propiedades físicas de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam..... 8

Cuadro 2 Clasificación de las maderas peruana según sus propiedades físicas y mecánicas..... 17

Cuadro 3. Procedencia del material en estudio..... 25

Cuadro 4. Diámetros de cada nivel de los arboles..... 28

Cuadro 5. Numero de probetas obtenidas por árbol y nivel del fuste.. 30

Cuadro 6. Promedio de la densidad saturada de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam..... 38

Cuadro 7. Análisis de variancia de la densidad saturada por niveles de fuste..... 39

Cuadro 8. Prueba de medias (tukey) de la densidad saturada por niveles de fuste..... 40

Cuadro 9. Promedio de la densidad seco al aire de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam..... 41

Cuadro 10. Análisis de variancia de la densidad seco al aire por niveles de fuste..... 42

Cuadro 11. Prueba de medias (tukey) de la densidad seco al aire por niveles de fuste..... 42

Cuadro 12. Promedio de la densidad seco al horno de la madera *de Guazuma ulmifolia* Lam..... 43

Cuadro 13. Análisis de variancia de la densidad seco al horno por niveles de fuste..... 44

Cuadro 14. Prueba de medias (tukey) de la densidad seco al horno por niveles de fuste..... 45

Cuadro 15. Promedio de la densidad básica de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam..... 45

Cuadro 16. Análisis de variancia de la densidad básica por niveles de fuste..... 46

Cuadro 17. Prueba de medias (tukey) de la densidad básica por niveles de fuste..... 47

Cuadro 18. Promedio del peso específico seco al aire de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam..... 48
Cuadro 19 Análisis de variancia del peso específico seco al aire por niveles de fuste..... 49
Cuadro 20. Prueba de medias (tukey) del peso específico por niveles de fuste..... 50
Cuadro 21. Promedio de la contracción tangencial de verde seco al horno por niveles de fuste..... 51
Cuadro 22. Análisis de variancia de la contracción tangencial verde seco al horno por niveles de fuste..... 52
Cuadro 23. Prueba de medias (tukey) de la contracción tangencial verde – seco al horno por niveles de fuste..... 53
Cuadro 24. Análisis de variancia de la contracción tangencial verde – seco al aire por niveles de fuste..... 54
Cuadro 25. Prueba de medias (tukey) de la contracción tangencial verde – seco al aire por niveles de fuste..... 54
Cuadro 26. Promedio de la contracción radial de verde a seco al horno y de verde seco al aire..... 54
Cuadro 27. Análisis de variancia de la contracción radial verde – seco al aire por niveles de fuste..... 56
Cuadro 28. Prueba de medias (tukey) de la contracción radial verde – seco al aire por niveles de fuste..... 56
Cuadro 29. Análisis de variancia de la contracción radial verde – seco al aire por niveles de fuste..... 57
Cuadro 30. Promedio de la contracción longitudinal verde a seco al horno y de verde a seco al aire..... 57
Cuadro 31. Análisis de variancia de la contracción longitudinal verde – seco al horno por niveles de fuste 59
Cuadro 32. Análisis de variancia de la contracción longitudinal verde – seco al aire por niveles de fuste 59
Cuadro 33. Promedio de la contracción volumétrica de verde a seco al horno y de verde seco al aire 60

Cuadro 34. Análisis de variancia de la contracción volumétrica verde – seco al horno por niveles de fuste..... 61
Cuadro 35. Prueba de medias (tukey) de la contracción volumétrica verde – seco al aire por niveles de fuste..... 62
Cuadro 36. Análisis de variancia de la contracción volumétrica verde – seco al aire por niveles de fuste..... 62
Cuadro 37. Relación de la contracción tangencial / contracción radial por niveles de fuste..... 63

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1	Comparación de la densidad básica de Guazuma ulmifolia Lam.....	8
Grafico 2	Distribución de los niveles en el fuste del árbol.....	29
Grafico 3.	Probetas en cada nivel del árbol.....	30
Grafico 4.	Marcas en donde se hicieron las mediciones diarias.....	32
Grafico 5.	Pesada de las probetas.....	33
Grafico 6.	Medición de las probetas.....	34
Grafico 7.	Promedio de CH (%) de la especie de *Guazuma ulmifolia* Lam.....	38
Grafico 8.	Promedio de densidad saturada de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste.....	39
Grafico 9.	Promedio de la densidad seco al aire de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste.....	42
Grafico 10.	Promedio de las densidades seco al horno de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste.....	44
Grafico 11.	Promedio de la densidad básica de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste.....	46
Grafico 12.	Peso específico seco al aire de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste.....	49
Grafico 13.	Cóntracción tangencial de verde a seco al horno y de verde a seco al aires por niveles de fuste.....	52
Grafico 14.	Promedio de la contracción radial de verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste.....	55
Grafico 15.	Promedio de la contracción longitudinal de verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste.....	70
Grafico 16.	Promedio de la contracción volumétrica de verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste.....	72
Grafico 17.	Rodaja del nivel inferior árbol 1.....	79
Grafico 18.	Rodaja del nivel medio árbol 1.....	79
Grafico 19.	Rodaja del nivel superior árbol 1.....	79
Grafico 20.	Rodaja del nivel inferior árbol 2.....	80

Grafico 21. Rodaja del nivel medio árbol 2..... 80
Grafico 22. Rodaja del nivel superior árbol 2..... 80
Grafico 23. Rodaja del nivel inferior árbol 3..... 81
Grafico 24. Rodaja del nivel medio árbol 3..... 81
Grafico 25. Rodaja del nivel superior árbol 3..... 81

INDICE DE ANEXOS

Pág

ANEXO 1. Rodajas de los árboles en estudio..... 84

ANEXO 2. Características generales de la especie de *Guazuma ulmifolia* Lam de la zona CICFOR – MACUYA..... 84

RESUMEN

En este trabajo se determinó la variabilidad de las propiedades físicas de la especie *Guazuma ulmifolia* Lam, tanto a nivel longitudinal como transversal en los tres niveles de fuste, y sus propiedades físicas.

El material experimental provino de tres arboles extraídos de la zona CICFOR – MACUYA, las cuales fueron trasladadas a carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali, donde se obtuvo probetas de 2 x 2 x 10 cm.

La determinación de las propiedades físicas se realizó siguiendo la norma técnica peruana (NTP) de la serie 251.

Los resultados obtenidos muestran, que el nivel longitudinal los valores del contenido de humedad, as contracciones volumétricas, radial y longitudinal; la densidad y el peso específico en todas sus condiciones, aumentan desde el nivel inferior hacia el superior, lo contrario ocurre con la contracción tangencial y la relación tangencial – radial (T/R); a nivel transversal los valores del contenido de humedad, las contracciones volumétrica, tangencial, radial y aumentan desde la albura hacia la medula lo contrario ocurre con la relación T/R; debido a la irregular distribución de los anillos de crecimiento.

SUMMARY

In this paper the variability of the physical properties of the species *Guazuma ulmifolia* Lam, both longitudinal and transverse level at all three levels of the shaft, and its physical properties were determined.

The experimental material came extracted three trees in the area CICFOR - Macuya, which were transferred to carpentry of the National University of Ucayali, where specimens of 2 x 2 was obtained x 10 cm.

The determination of the physical properties was carried out following the Peruvian Technical Standard (NTP) of the 251 series.

The results show, that the longitudinal level values of moisture content, as volumetric, radial and longitudinal contractions; the density and specific gravity in all conditions, increase from the lower level to the upper, the opposite occurs with the tangential contraction and tangential relationship - radial (T / R); cross level values of moisture content, the volumetric contractions, tangential, radial and sapwood increase from the marrow to the opposite happens with the T / R; due to the uneven distribution of growth rings.

INTRODUCCIÓN

La gran diversidad biológica de especies forestales maderables que compone la masa forestal tropical, presenta un reto en cuanto a su utilización racional e integral, porque muchas de estas especies no son empleadas teniendo en consideración sus características inherentes, lo que generalmente propicia desconfianza en su utilización, restándole su verdadero valor de uso (Hoyos, 2008).

La variedad de especies maderables que se aprovechan actualmente o que son potencialmente comerciales varían ampliamente en sus propiedades químicas, físicas, mecánicas y aptitud de usos. Muchos concesionarios y empresas de transformación mecánica de la madera en la región Ucayali han orientado el aprovechamiento de maderas que tienen mayor presencia y mejor distribución en los bosques de producción cada vez más escasas y con costos de extracción altos (Toledo, 2002).

El poco conocimiento de nuestras maderas y el uso que se pueda dar, hace que se esté desaprovechando varias que pueden ser valiosas y que son fáciles de trabajarlas, esto es debido a la gran diversidad de especies maderables presente en el bosque; y se cuenta con poca información acerca de cada una de las especies y sin tener estudios de las especies conocidas donde todo esto conlleva a una explotación maderable en forma selectiva dejando de un lado a especies que no se conocen.

La madera no es un material homogéneo, está formado por diversos tipos de células especializadas que forman tejidos. Estos tejidos sirven para realizar las funciones fundamentales del árbol; conducir la savia, transformar y almacenar los alimentos y por último formar la estructura resistente o portante del árbol. En primer lugar se ha de recordar que la madera no es un material de construcción, fabricado a propósito por el hombre, sino que es un material obtenido del tronco y

las ramas de los árboles cuya finalidad es la de facilitar el crecimiento y supervivencia de este elemento vegetal (Guzmán 1979).

Una de las causas más frecuentes de exclusión en muchas maderas es el desconocimiento de sus propiedades tecnológicas. Hoy en día existe trabajos realizados acerca de las propiedades físicas de la madera, el cual se pone en práctica en forma empírica sin tener en consideración las características de la especie ya que dicho aspecto está relacionado con la estructura anatómica, propiedades físicas y mecánicas y su composición química repercutiendo de esta forma en las distinta fase de la transformación secundaria.

La importancia de conocer el comportamiento a los diversos ensayos de propiedades físicas de cada una de las madera es un requisito indispensable para contribuir en el manejo sostenible de nuestros bosques amazónicos, ya que de esta manera se impulsa y se fomenta su uso adecuado en los mercados nacionales e internacionales (Aróstegui, 1982).

La madera de *Guazuma ulmifolia* Lam, puede ser una alternativa para la sustitución de las diferentes especies forestales que anteriormente se trabajaban. Sin embargo, hay desconocimiento de muchas de las propiedades tecnológicas, entre los cuales están las propiedades físicas lo que restringe su utilización en la industria forestal (Pariona *et al.* 2002).

A fin de generar información tecnológica y científica y en base a estas consideraciones, en el presente trabajo se determinaron algunas propiedades físicas por niveles de *Guazuma ulmifolia* Lam. Esta investigación se desarrolla en el marco del proyecto Desarrollo de una Plataforma para el Análisis de la Anatomía de la Madera (bolaina negra, quinilla y moena).

En este sentido se orienta el presente trabajo de investigación, que permitirá obtener información importante sobre la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam (bolaina negra) en el proceso de promoción de especies maderables de poca utilización, lo que podría significar potenciales futuros de aprovechamiento de los bosques y propiciar así el uso adecuado de especies representativas abundantes

como alternativas vigentes ante la sobre explotación y eminente extinción de árboles de valor comercial actual en los bosques amazónicos

Tal es así que el beneficio del estudio a realizar abarcará a los consumidores, industriales, artesanos, carpinteros, es decir, a todas aquellas personas que de alguna manera pueden aprovechar la abundancia de especies maderables y al bosque mismo, ya que se abrirán mercados con productos y/o especies nuevas, que a su vez permitirán disponer de una mayor cantidad de materia prima, disminuyendo así la extracción selectiva que durante muchos años ha sido la única alternativa que los industriales madereros han utilizado para obtener beneficios económicos.

Es por eso que el objetivo general del presente trabajo fue determinar y establecer la variabilidad de algunas propiedades físicas en *Guazuma ulmifolia* Lam; y como objetivos específicos fue: 1) determinar el contenido de humedad saturado y de equilibrio de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam, 2) determinar la densidad saturada, seco al aire, seco al horno y básica de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste, 3) determinar el seco al aire de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste, 4) determinar la contracción al contenido de humedad de equilibrio y seco al horno, en sus tres planos, de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste, y 5) determinar la relación de la contracción tangencial/contracción radial por niveles de fuste.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

La región Ucayali posee en sus bosques una inmensa variedad de especies de árboles que hasta el día de hoy no han sido debidamente estudiados, por lo cual no son utilizados adecuadamente, siendo esto un estancamiento en el desarrollo de la región, ya que se sigue con la tendencia de explotar maderas que presentan un relativo valor comercial alto, las cuales cuentan con un mercado fijo en la industria maderera. (Aróstegui, 1982).

La gran biodiversidad de los bosques tropicales es, sin duda, una de sus características más importantes, especialmente desde el punto de vista del aprovechamiento y manejo de los recursos forestales orientados a conservar la capacidad de los bosques para producción permanente de bienes y servicios. LAO (1969) ha identificado algo más de 600 especies forestales que se desarrollan en las diferentes asociaciones vegetales del trópico húmedo. Existen más de 400 especies maderables de tamaños comerciales pero únicamente diez se aprovechan en volúmenes considerables, representan más del 95 % de la producción de madera aserrada, aunque en términos volumétricos, son a menudo las menos abundantes por hectárea. No obstante, según las estadísticas de producción del DGFF-MINAG (2012) no más de 80 especies maderables son actualmente aprovechadas por la industria nacional de transformación mecánica de la madera; sin embargo más del 95% son solo veinte especies. En condiciones de extracción selectiva los costos de producción son altos.

La variedad de especies maderables que se aprovechan actualmente o que son potencialmente comerciales varían ampliamente en sus propiedades químicas, físicas, mecánicas y aptitud de usos. Muchos concesionarios y empresas de transformación mecánica de la madera en el departamento de Ucayali han orientado el aprovechamiento de maderas que tienen mayor

presencia y mejor distribución en los bosques de producción, en reemplazo de las tradicionales cada vez más escasas y con costos de extracción altos (TOLEDO, 2002).

Una de las causas más frecuentes de exclusión en muchas maderas es el desconocimiento de sus propiedades tecnológicas. Hoy en día existe trabajos realizados acerca de las propiedades físicas de la madera; el cual se pone en práctica en forma empírica sin tener en consideración las características de la especie ya que dicho aspecto está relacionado con la estructura anatómica, propiedades físicas y mecánicas y su composición química repercutiendo de esta forma en las distinta fase de la transformación secundaria.

Por tal motivo con el presente estudio se pretende conocer mejor el comportamiento de la madera de la especie *Guazuma ulmifolia* Lam (bolaina negra) y en particular algunas de sus propiedades físicas.

1.2. Justificación

La importancia de conocer el comportamiento a los diversos ensayos de propiedades físicas de cada una de las madera es un requisito indispensable para contribuir en el manejo sostenible de nuestros bosques amazónicos, ya que de esta manera se impulsa y se fomenta su uso adecuado en los mercados nacionales e internacionales. (Aróstegui, 1982).

La madera de ***Guazuma ulmifolia*** **Lam**, puede ser una alternativa para la sustitución de las diferentes especies forestales que anteriormente se trabajaban. Sin embargo, hay desconocimiento de muchas de las propiedades tecnológicas, entre los cuales están las propiedades físicas lo que restringe su utilización en la industria forestal (Pariona *et al.* 2002).

A fin de generar información tecnológica y científica y en base a estas consideraciones, en el presente trabajo se determinarán algunas propiedades físicas por niveles de *Guazuma ulmifolia* Lam (bolaina negra).

Esta investigación se desarrolla en el marco del proyecto Desarrollo de una Plataforma para el Análisis de la Anatomía de la Madera (bolaina negra, quinilla y moena).

En este sentido se orienta el presente trabajo de investigación, que permitirá obtener información importante sobre la madera de ***Guazuma ulmifolia*** **Lam** (bolaina negra) en el proceso de promoción de especies maderables de poca utilización, lo que podría significar potenciales futuros de aprovechamiento de los bosques y propiciar así el uso adecuado de especies representativas abundantes como alternativas vigentes ante la sobre explotación y eminente extinción de árboles de valor comercial actual en los bosques amazónicos.

Tal es así que el beneficio del estudio a realizar abarcará a los consumidores, industriales, artesanos, carpinteros es decir a todas aquellas personas que de alguna manera pueden aprovechar la abundancia de especies maderables y al bosque mismo, ya que se abrirán mercados con productos y/o especies nuevas, que a su vez permitirán disponer de una mayor cantidad de materia prima, disminuyendo así la extracción selectiva que durante muchos años ha sido la única alternativa que los industriales madereros han utilizado para obtener beneficios económicos.

En la medida en que se ponga énfasis en la búsqueda de información de esta índole, será cada vez menos el desconocimiento de nuestras especies arbóreas que es lo que se desea al impulsar investigaciones relacionadas a este fin.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar y establecer la variabilidad de algunas propiedades físicas en ***Guazuma ulmifolia*** **Lam**. (bolaina negra)

Objetivos específicos

- ✓ Determinar el contenido de humedad saturado y de equilibrio de la madera de *Guazuma ulmifolia* lam (bolaina negra)
- ✓ Determinar la densidad saturada, seco al aire, seco al horno y básica de la madera de ***Guazuma ulmifolia*** **Lam.** (bolaina negra) por niveles de fuste.
- ✓ Determinar la densidad seco al aire de la madera de ***Guazuma ulmifolia*** **Lam.** (bolaina negra) por niveles de fuste.
- ✓ Determinar la contracción en función del contenido de humedad de equilibrio y seco al horno, en sus tres planos, de la madera de ***Guazuma ulmifolia*** **Lam.** (bolaina negra) por niveles de fuste.
- ✓ Determinar la relación de la contracción tangencial/contracción radial por niveles de fuste

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del problema.

2.1.1. Características generales de la especie.

A. Clasificación taxonómica

Según CATIE (1986), clasifica a la bolaina negra como sigue:

Reino: Plantae o vegetal

División: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: Guazuma

Especie: Ulmifolia Lam.

Nombre común: Bolaina negra.

Nombre científico: ***Guazuma ulmifolia* lam.**

El género *Guazuma*:

Según Freytag (1951), el género *Guazuma*, teniendo en cuenta su filogenia teórica, comprende cuatro especies que son:

G. longipedicellata G. F. Freytag

G. tomentosa H. B. K.

G. ulmifolia Lam.

G. crinita Mart.

Tomando en cuenta las determinaciones taxonómicas para el caso centroamericano (Little, 1982), en el presente trabajo, se continuara aceptando la denominación *G. ulmifolia* Lam.

B. Distribución y hábitat.

B.1. Distribución

Es una especie ampliamente distribuida, ocurre, a lo largo de las Antillas, desde Cuba hasta Trinidad y Tobago. También en el resto de América continental, desde México hasta Ecuador, Perú, norte de Argentina, Paraguay Bolivia y de establecer; crece y se adapta a sitios abiertos, tanto en zonas secas como húmedas bajas, principalmente en áreas con estaciones seca definida. Altitud: 0 a 1200 (1500) m. Se adapta a varias clases de suelos, desde textura livianas hasta pesadas y con drenaje deficiente; es más frecuente en suelos con pH superior a 5,5 (Freytag, 1951).

B.2. Hábitat

Es característica de sitios abiertos, laderas de montañas bajas y cañadas, pastizales, terrenos planos con lomeríos suaves, márgenes de ríos y arroyos, sitios desmontados. Es común en áreas secas y húmedas, por ejemplo en represas. Propia de zonas bajas cálidas. Se desarrolla en temperaturas de 20 a 30 °C, con períodos secos de 4 a 7 meses y con precipitaciones anuales de 700 a 1,500 (2,000) mm. Se adapta tanto a condiciones secas como húmedas y a un amplio rango de suelos, con pH mayor a 5.5.

Suelos: de origen volcánico o sedimentario, negro arcilloso, grava volcánica negra, pedregoso, arenoso café claro, somero, rojo laterítico, limoso, vertisol, desde textura liviana hasta pesada (Freytag, 1951).

C. Descripción del árbol

Según Little y Dixon (1969); describen al árbol como sigue:

Árbol de 20-80 cm de diámetro y 15-30 m de altura total, con fuste cilíndrico, la ramificación en el tercer tercio, la base del fuste recta.

Corteza externa finamente agrietada a fisurada, color marrón verdusco.

Corteza interna fibrosa, conformando un tejido finamente reticulado; es de color amarillo claro y oxida rápidamente a marrón.

Ramitas terminales con sección circular, color oscuro cuando secas, de 3-4 mm de diámetro, usualmente con pubescencia ferrugínea hacia las partes apicales; la corteza se desprende en tiras fibrosas al ser jalada.

Hojas simples, alternas y dísticas, de 8-12 cm de longitud y 2.5-4.5 cm de ancho, el peciolo de 1-2 cm de longitud, pulvinulado, las láminas ovadas a lanceoladas, frecuentemente asimétricas, aserradas, la nervación palmeada, los nervios secundarios promínulos en el haz y envés, el ápice agudo y acuminado, la base obtusa a cordada, las hojas glabrescentes o con pubescencia fina de pequeños pelos estrellados (x 10).

Inflorescencias panículas axilares de unos 4-7 x 2-4 cm, con 10-50 flores. Flores pequeñas, de unos 8-12 mm de longitud, hermafroditas, con cáliz y corola presentes, el pedicelo de 3-4 mm de longitud, el cáliz de 2-3 mm de longitud, la corola de 4-5 mm de longitud, de color amarillo.

Frutos cápsulas globosas parcialmente dehiscentes de 1.5-2.5 cm de longitud, la superficie densamente provista de prominencias angulosas con punta aguzada.

Observaciones para el reconocimiento de la especie. Muy similar a la especie congenérica, *Guazuma crinita*, de la cual se distingue por los frutos, globosos y sin pelos en *Guazuma ulmifolia*, a diferencia de frutos con pelos largos en la superficie en *Guazuma crinita*.

D. Fenología, polinización y dispersión.

Registros de floración durante la estación seca, entre Julio-Septiembre y fructificación a fines de ella, entre Octubre-Diciembre. Las flores abren de modo progresivo, pocas de ellas cada día a lo largo de cada inflorescencia. Los frutos demoran unos tres meses en madurar, y su crecimiento y lignificación se producen mayormente durante su último mes de formación, luego del cual caen al piso inmediatamente antes de las lluvias (Janzen, 1982, citado por Reynel *et al,* 2003).

Sobre la polinización, pese a que se observan varios insectos pequeños acercándose a las flores, no hay reportes confirmados de cuáles serían los legítimos polinizadores (Janzen, 1982, citado por Reynel *et al,* 2003). Dentro de los visitantes de las flores se mencionan avispas de las familias Eumenidae, Vespidae y abejas de la familia Apidae (Heithaus, 1979, citado por Reynel *et al,* 2003).

La dispersión, una vez que los frutos caen al piso, es efectuada por por animales terrestres grandes que los ingieren, incluyendo Sajinos (*Tayassu tajacu*), Huanganas (*Tayassu pecari*), y en zonas rurales por el ganado, por ejemplo equinos y vacunos, los cuales tienen predilección por estos frutos. También se reportan como dispersores posibles al Coatí (*Nasua nasua*) y las Ardillas (*Sciurus spp.*). Se ha evidenciado que la estructura del fruto, que es exteriormente leñoso y muy subdividido, protege a las semillas que se hallan en el interior de ser trituradas por los molares de estos animales. Ellas transitan por el tracto digestivo y luego germinan en gran cantidad entre la bosta (Janzen, 1982 y Cristóbal, 1989, citados por Reynel *et al,* 2003).

E. Usos.

La madera es durable, aunque blanda y liviana, y tiene usos similares a los descritos para *Guazuma crinita*. La corteza interna fibrosa es también empleada como material de amarre.

F. Silvicultura

El promedio de semillas por fruto varía entre 40-80, y de cada kg de frutos se obtienen en promedio 100 gr de semillas limpias. El número de semillas por kilogramo es 150000 (CATIE, 1997, citado por Reynel *et al,* 2003)

La propagación por semillas es exitosa en esta especie. Los árboles inician la producción de frutos y semillas desde los 6 años de edad (Janzen, 1982, citado por Reynel *et al,* 2003).

Las semillas se obtienen macerando frutos maduros dentro de un saco y extrayéndolas por tamizado y en forma mecánica; también pueden extraerse con un molino de martillo (CATIE, 1997, citado por Reynel *et al,* 2003).

Las semillas frescas pueden tratarse con agua caliente (80°C) durante 1-2 minutos y luego en agua corriente por 24 horas; posteriormente se hace un lavado a mano para eliminar el mucílago que las recubre (CATIE, 1997, citado por Reynel *et al,* 2003).

El poder germinativo es de 70-80% con semillas frescas (DIFF-CENFOR, 1985 y CATIE, 1997, citados por Reynel *et al,* 2003). La germinación se inicia a los 6-8 días y finaliza a los 12-15 días (CATIE, 1997, citado por Reynel *et al,* 2003).

Las semillas pueden germinarse en almácigos y cuando desarrollan su primer par de hojas deben trasplantarse a bolsas plásticas con sustrato 1:1 de arena: tierra. También se pueden sembrar directamente en bolsas, colocando 4 semillas en cada una y raleando luego para dejar una plántula por bolsa. A las 14-16 semanas alcanzan 25-30 cm de altura y pueden llevarse al terreno definitivo (CATIE, 1997, citado por Reynel *et al,* 2003).

Pueden almacenarse hasta por 4 años en recipientes sellados a 5°C y contenido de humedad menor al 10%; conservan viabilidad de hasta 40% (CATIE, 1997, citado por Reynel *et al,* 2003).

En una plantación establecida en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Perú (8°22 S, 73°50 W, 300 msnm) se han registrado crecimientos en altura de 1.5-2 m en 3 años (DIFF-CENFOR, 1985, citado por Reynel *et al,* 2003).

G. Características organolépticas.

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color marrón claro y las capas internas (duramen) de color marrón rosáceo o marrón.

Olor : No distintivo.
Lustre o brillo : Regular.
Grano : Recto
Textura : Mediana y homogénea
Veteado o figura : Bandas anchas paralelas: jaspeado en la sección radial
Dureza : Media

H. Características macroscópicas de la madera.

Anillos de crecimiento: (Corte X). Distinguible a simple vista por la presencia de bandas de tejidos más denso y oscuro y la presencia de líneas finas de parénquima marginal.

Poros: (Corte X): Visibles con lupa 10X; mediano; muy pocos menos de 5 poros por mm^2, solitarios, pocos múltiples radiales de 2 a 3 poros, con escasos depósitos de tilides. (Corte R y T) líneas vasculares mejor visibles con la lupa 10x, sin cambio de color con el resto de la madera. (Corte X) porosidad difusa.

Parénquima axial o tejido claro: (Corte X) visible a simple vista, de color blanquecino, abundante, en bandas anchas y onduladas alrededor de los poros formando alas que entrelazan poros (en bandas anchas y onduladas; escaso aliforme y confluente); marginal en líneas finas.

Radios o líneas horizontales: (Corte X) visible con lupa 10x; muy finos: de 1 a 2 células de ancho; moderadamente numerosos de 4 a más de 12 radios por mm lineal. (Corte R y T) radios pocos contrastados; bajos menores de 1 mm de altura.

I. Características tecnológicas.

Cuadro 1: Propiedades físicas de la madera de ***Guazuma ulmifolia*** **Lam** según autores.

Guazuma ulmifolia Lam			Referencia
Densidad básica	0.57 g/ cm^3	Alta	CFB
	0.51 g/ cm^3	Medio	Carpio, 1992
	0.49 g/ cm^3	Medio	Acevedo y Kikata, 1994
Peso especifico	0.51	Medio	
Contracción volumétrica	14.10%	Medio	UCR, 1981
Contenido de Humedad	55 a 57%		

Fuentes: Carpio (1992), Acevedo y Kikata (1994).

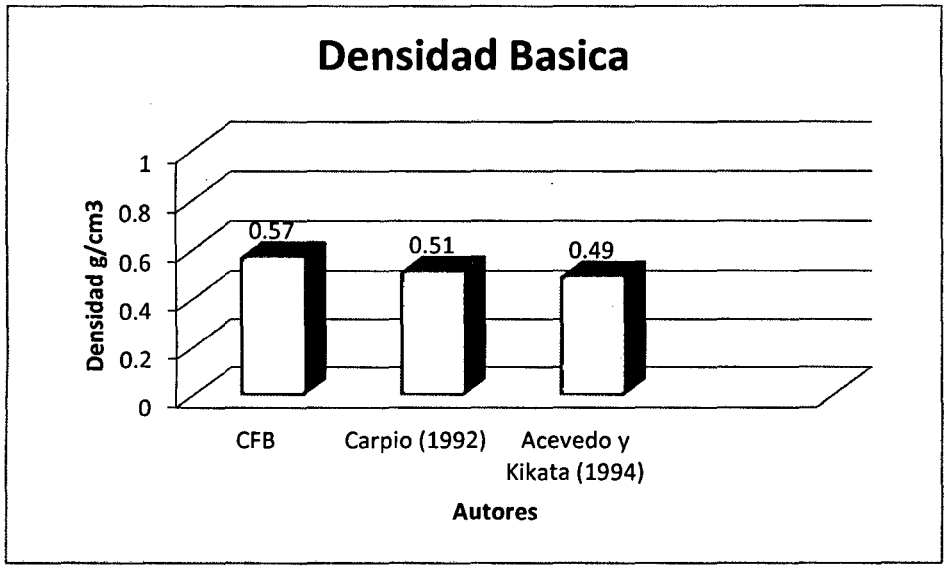


Gráfico 1: Comparación de la densidad básica de ***Guazuma ulmifolia*** Lam según autores

2.1.2. Variación de las propiedades físicas de las maderas estudiadas

Panshin and De Zeeuw (1980) afirma que la anatomía y propiedades varían entre árboles de una misma especie y entre diferentes partes de un mismo árbol. Las propiedades de la madera están estrechamente relacionadas con su estructura en los niveles macro y microscópico. Las variabilidad de una madera puede considerarse dentro de un árbol o entre arboles de una misma especie. Además menciona que la variación de un árbol se da en los siguientes aspectos: dimensiones de las células, variación de densidad, composición química, propiedades físicas, anillos de crecimientos entre la madera juvenil y tardía. Así mimo resulta que la variación entre arboles de la misma especie puede ser resultante de las condiciones de crecimiento, tratamientos silviculturales o factores genéticos. Estas variaciones se pueden dar en dirección longitudinal, es decir a nivel de alturas y en dirección transversal, es decir por cercanía o lejanía de la médula.

Daniel *et al* (1982), Zobel y Talbert (1988), Wright y Osorio (1992) señalan que existe una considerable variación de la densidad de la madera entre arboles de una misma especie, entre especies y entre diferentes áreas geográficas, que son consecuencia de que dicha característica está influenciada por la condición genética del individuo y el ambiente en el cual crece.

Soto (1982) determinó que el contenido de humedad en la madera de *Clarisia sp* fue máximo en la base, disminuyendo en la mitad del tronco y un ligero aumento en la zona de la copa. En cuanto a la variación transversal, el contenido de humedad disminuye progresivamente desde la médula hasta la zona de intermedio para incrementarse hacia la corteza. Esta especie proveniente del bosque del centro de investigación y enseñanza forestal del puerto almendras, determino que la madera más pesada se encontraba en la base 0.54 g/cm^3, en el medio del fuste 0.50 g/cm^3 y ligero aumento en la base de la copa 0.52 g/cm^3. Por otro lado la densidad básica aumenta en la zona cercana a la medula, estabilizándose en la zona intermedia para

decrecer y llegar a su máximo en la madera cercana a la corteza. Su contenido de humedad fue máximo en la base disminuyendo en la mitad del tronco, y un ligero aumento en la base de la copa.

En cuanto a la variación transversal el contenido de humedad disminuye progresivamente desde la médula hasta la zona intermedia para incrementarse hacia la corteza.

Taquire (1987) afirma que la madera de *Guazuma crinita* Mart, la densidad anhidra varía incrementándose de la médula hacia la corteza, con los siguientes valores: 0.39 g/cm3, 0.45g/cm3, 0.47g/cm3, 0.48 g/cm3, 0.47 g/cm3; de similar manera la densidad básica mantiene la misma tendencia pero manifestando valores más bajos: 0.36 g/cm3, 0.40 g/cm3, 0.42 g/cm3, 0.42 g/cm3 y 0.41 g/cm3. El porcentaje del contenido de humedad se presenta en forma inversa a la densidad, localizándose el mayor valor cerca de la médula 76.32% descendiendo luego hacia la corteza en forma desordenada 64.45%, 62.33%, 63.39%, 64.64%, el nivel periférico contiene más 1% de humedad puesto que la longitud de las fibras tienden a aumentar del centro del tronco a la periferia. Así mismo determinó que la variación a nivel longitudinal el contenido de humedad en la parte basal (71.69 %) y superior (69.98 %) son homogéneos, siendo el de mayor valor el de la parte basal y localizándose el valor mínimo en la parte media del árbol (62.85 %).

A nivel longitudinal la densidad anhidra es mayor en la parte basal, decreciendo en la parte media, pero no existiendo diferencia marcada entre la parte superior y la parte media. La relación entre contracción tangencial y radial (T/R) a nivel longitudinal los valores van decreciendo de la base del árbol hacia la copa 1.79, 1.70 y 1.49. En el nivel transversal la contracción volumétrica se incrementa de la médula hacia la periferia y al nivel longitudinal es mayor en la parte basal, mientras que la parte media y superior del tronco son homogéneos. En la posición radial norte, la densidad anhidra se incrementa del corazón hacia la corteza, los valores son mayores debido a la excentricidad de la especie, mientras que en la orientación sur,

los valores de la densidad anhidra son menores, ya que en esta parte los anillos de crecimiento son más anchos. Los del nivel este, mantienen la tendencia de ascender sus valores de la médula hacia la periferia.

Arévalo (2002) sostiene que en *Simarouba amara* su contenido de humedad de la bases y la zona donde se bifurca el árbol tiende a ser similar, presentando una variación en la parte media del fuste. Afirma que los valores en sus densidades y peso específico, se puede apreciar que hay una tendencia a que este valor sea menor en la parte central con respecto a la parte superior. El contenido de humedad tiende a ser más estable en los arboles jóvenes con respecto al árbol maduro. Así mismo ha determinado la densidad básica baja (0.35 g/cm^3) y la relación CT/CR es 1.97.

2.2. Planteamiento teórico del problema

2.2.1. Aspectos generales sobre propiedades físicas de la madera

Kollman (1959) afirma que el porcentaje de proporción de vasos en una madera varia del 2% al 65%, así como su distribución influye en la resistencia del leño. La proporción de las fibras en el volumen total influye directamente en la densidad.

Sato (1976) sostiene que la longitud de las fibras aumentan desde el centro del tronco a la periferia, a través de al menos ciertos anillos anuales variando también a lo largo del tronco.

JUNAC (1989) afirma que las maderas livianas, por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las maderas pesadas. De igual manera la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción del agua, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen. El duramen no permite contenido de humedad elevados debido a las sustancias infiltradas y contenidas en sus celular, la albura puede

acumular más del 100% de su peso seco en agua e incluso llegar a 400% en aquellas maderas muy livianas como es el álamo, balso y la ceiba bonga.

2.2.2. Propiedades físicas.

EDITORIAL BLUME (1980) afirma que la variación de las propiedades físicas es debida a diferencias en la estructura de la madera y a la presencia de constituyentes extraños, como el espesor de las paredes celulares y la longitud de los elementos estructurales. En la madera se dan diferencias muy notables de sus propiedades presentándose muy diversas aun en el mismo árbol, según pertenezca la madera al tronco, a las ramas, a la parte inferior o superior del mismo tronco; a la raíz principal o a las secundarias, etc. Es diversa también según sea el árbol joven o viejo, haya crecido en terreno húmedo o seco, lugares cálidos o fríos, formando grupos o aislados.

Grigoriev (1985) afirma que las propiedades físicas pueden determinarse sin alterar la integridad de la muestra sometida al ensayo y sin cambiar su composición química, es decir que puede definirse mediante la inspección, la pesada, la medida y el secado.

A. Contenido de humedad.

Aróstegui (1982) afirma que el contenido de humedad influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductividad térmica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad de la madera.

JUNAC (1989) afirma que para la determinación del contenido de humedad se hace considerando solo los valores del agua libre y de saturación o higroscópica, en la práctica, la madera se considera totalmente seca cuando al secarla estufa a 103 +- 2 °C alcanza su peso constante. El contenido de humedad se define como el peso de la cantidad de agua presente en una pieza de madera, expresado en función del peso de esa pieza en condición al horno o anhidra

Así mismo el autor sostiene que en probetas de laboratorio se han comprobado que la madera al secarse mejora sus propiedades físico – mecánicas y estabilidad dimensional; es por eso que prácticamente todas las maderas reciben un acondicionamiento físico – mecánico antes de su empleo. La eliminación de agua obedece a diversos propósitos, algunos de los cuales son indispensables para conseguir buena calidad de los productos acabados, durabilidad y estabilidad en las dimensiones y economía en la producción al reducirse el peso de la madera.

Tuset (1989) manifiesta que el contenido de humedad de una madera influye mucho en su peso (y por lo tanto en su comercialización a la vez que afecta otras propiedades físicas (como el peso específico y a la contracción o hinchamiento de sus dimensiones), las propiedades de resistencia mecánica y de resistencia al ataque de hongos e insectos xilófagos. Por las razones apuntadas, el conocimiento del contenido de humedad reviste particular importancia.

Soto (1982) remarca la importancia de la humedad en el punto de saturación de las fibras por las siguientes consideraciones:

- Por encima de este no se presenta cambios dimensionales en la madera.
- Las variaciones de la humedad por encima de su valor, modifican el comportamiento de la densidad de la madera.
- La conductibilidad eléctrica de la madera aumenta bruscamente desde 0% hasta la humedad de saturación de las fibras.
- La resistencia mecánica de la madera, en términos generales, se ve favorecida por una reducción de contenido de humedad entre la zona de saturación de las fibras y 0%.

Vignote (1996) indica que el estudio de las relaciones entre el agua y la madera es seguramente el más importante ya que afecta a la mayoría de los procesos en su transformación. Es más las características de comportamiento de la madera están influenciados por el contenido de

humedad así, esta influye de forma determinante en la concepción de los procesos tale como: aserrado, debobinado, cepillado, encolado, barnizado, etc.

Valenzuela (1985) citado por Mora (1983) sostiene que la madera se la conoce como un material higroscópico, propiedad de absorber y ceder agua. El agua en la madera se presenta, en tres condiciones o niveles; estas son: agua libre, agua higroscópica y agua de constitución. La disminución o eliminación del agua en la madera se puede producir natural o artificialmente. La humedad de la madera se equilibra con la del medio ambiente, y varía según esta, en invierno o verano, durante el día, etc.

JUNAC (1984), señala que el agua libre se encuentra llenando las cavidades celulares; el agua higroscópica se halla contenido en las paredes celulares; el agua de constitución se encuentra formando parte integrante de la estructura molecular. Así mismo menciona que en el transcurso del secado se pierde primero el agua libre y luego el agua higroscópica, el agua de constitución no se pierde sino por combustión de la madera.

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

que referirlo al lugar y momento de su verificación. La determinación experimental del equilibrio higroscópico se realiza exponiendo la madera a diferentes condiciones ambientales verificando el contenido de humedad alcanzado. También es posible conocer este valor en forma previa, partiendo de los datos de la temperatura y humedad relativa del aire a la que estará expuesta. Ejemplo una madera colocada en un ambiente de 20°C y 55% de humedad relativa, alcanzara un equilibrio higroscópico de 10%.

B. Densidad.

JUNAC (1989) afirma que la densidad de la madera se define como la masa por unidad de volumen a un determinado contenido de humedad. Un aumento en el contenido de humedad trae como consecuencia un incremento de su masa en una proporción mayor que el incremento de su volumen y por lo tanto la densidad aumentará.

Por otro lado el mismo autor sostiene que para efectos de comparación de la densidad entre especies, se ha normalizado los siguientes valores, densidad anhidra que es la masas seco al horno entre volumen seco al horno; densidad normal que es masa al 12 % de contenido de humedad entre volumen al 12% de contenido de humedad; densidad en el punto de saturación de las fibras (PSF) que es masa al 30% de contenido de humedad entre volumen al 30% de contenido de humedad.

Long, Smith y Scoot (1981) citados por Kort (1993), mencionan que existen algunas factores que inciden en la densidad de la madera, tales como cantidad de madera temprana y tardía (distribución y ordenación de los anillos de crecimiento), tamaño de las fibras, espesor de pared, tipo y diámetro de células y contenido de extraíbles presentes en la madera. La presencia y cantidad relativa de estos últimos, está a su vez está influenciado por la edad de los árboles, su interacción con el medio ambiente y la heredabilidad.

Texeira (1997) menciona que las variaciones de la densidad dentro de cada árbol en virtud de sus características intrínsecas, implica la influencia de otros factores como el clima, topografía, fertilidad del suelo etc, es decir, a la influencia del sitio de plantación. Además Daniel *et al* (1982), sostiene que la variación depende de la genética del individuo y el ambiente en el cual crece.

Zobel (1964) describe que el valor de la densidad de la madera y su variación depende en alto grado de la altura y sección del árbol de donde se toma la muestra. Por su parte, Texeira (1997) menciona que la densidad de la madera varía, a la vez, por la cantidad y clases de sustancias que contiene, por ejemplo resinas y ligninas.

C. Peso especifico

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

Kollman (1959) afirma que a proporción de fibras en el volumen total influye directamente en el peso específico y por consiguiente en las características de resistencia y dilatación, así mismo opina que el porcentaje de la proporción de vasos en la madera varían del 2% al 65% y que la distribución de estos influye en la resistencia del leño.

D. Contracción.

Aróstegui (1982) afirma que la contracción es una propiedad que posee la madera, de variar en sus dimensiones tanto en el sentido radial, tangencial,

longitud y en su volumen, cuando su estado de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. La causa de estos cambios dimensionales se debe principalmente a la pérdida o entrada de agua higroscópica entre las estructuras celulósicas de la pared celular. La relación contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera y cuando la relación entre ambas se acerca a la unidad, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Grigoriev (1985) sostiene que al igual que la contracción, el hinchamiento es una propiedad negativa de la madera, sin embargo, en ciertos casos desempeñan un papel positivo (asegura la unión, estrecha en los túneles, botes, tubos de madera y barcos).

EDICIONES DON BOSCO (1965) sostiene que la contracción es mayor en las fibras jóvenes que en las viejas; y en las maderas blandas que en las duras, en pleno desarrollo la madera llega a tener un 60% de humedad, que mediante el secado artificial disminuye hasta un 10%. La madera se contrae en tres direcciones: eje longitudinal de las celular la contracción experimenta un 0.3%, en dirección de los radios medulares la contracción experimenta un 5% y en dirección de los anillos anuales la contracción puede alcanzar hasta un 10%.

Aróstegui (1982) afirma que la contracción y expansión de la madera son los cambios dimensionales, tanto en sentido radial, tangencial y longitudinal, que sufre la madera como consecuencia del cambio de su contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. La causa de estos cambios dimensionales se debe principalmente a la pérdida o entrada del agua higroscópica entre la estructura celulósica de la pared celular, el agua libre no tiene ninguna influencia en estos cambios, debido a las variaciones de las condiciones climáticas (humedad relativa y temperatura), la madera en uso está sujeta a cambios dimensionales; además estos cambios son diferentes

según las secciones de la madera, por lo que en la parte interna se originan tensiones causando defectos durante el secado, tales como grietas, deformaciones, entre otros.

JUNAC (1989) manifiesta que la contracción (expansión) es para efectos prácticos una función lineal del contenido de humedad. La contracción y la expansión presentan valores diferentes en las tres direcciones de la madera. La contracción longitudinal (CL) es del orden del 0.1%. La contracción tangencial (CT) y la contracción (CR) son las principales responsables del cambio volumétrico. La contracción tangencial (CT) y la contracción radial (CR) son los principales responsables del cambio volumétrico. La relación CT / CR para las maderas latifoliadas varían de 1.4 a 2.9.

Rodríguez F. (2006) menciona que para efectos prácticos, el valor más utilizado es el de la relación T/R, cuyo resultado no debe superar ciertos límites para considerar su aptitud de aplicación. La relación T/R determina el grado de estabilidad de la madera.

$T/R < 1$ madera estable.

$1 \leq T/R \leq 2$ madera medianamente estable

$T/R > 2$ madera poco estable

Arroyo (1983) al referirse a la contracción de la madera la define como la reducción dimensional que experimenta la madera cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. Menciona que la contracción longitudinal es generalmente bastante pequeña. La mayoría de especies presentan valores promedios de contracción de 0,1 y 0,2% de verde a anhidro, este rango lo amplia Siau, citado por Espinoza de Pernía y León (2001), al mencionar que la contracción longitudinal en madera normal oscila entre 0,1 y 0,3 %. En cuanto a la relación de la densidad con la contracción volumétrica de la madera, Espinoza de Pernía y León (2001) indican que como regla general se podría decir que la contracción volumétrica es proporcional a la densidad de la madera.

Tuset (1989) manifiesta que a los efectos de la contracción e hinchamiento, tiene importancia fundamental, solamente la humedad absorbida por las paredes celulares. Los límites generalmente aceptados en los cuales la madera contrae o hincha debido a la pérdida o ganancia de humedad, están ubicados entre 0% y 30%. La contracción o hinchamiento de la madera normal, en dirección tangencial o radial, deben ser muy tomados en cuenta en su utilización. Establece una relación entre la contracción tangencial y la radial como una indicación del comportamiento de una madera respecto a su estabilidad dimensional. De un modo general, indica que las maderas que tengan una relación T/R mayor de 2 plantearan problemas tanto durante el secado como una vez puestas en servicio si aquel no se llevó a cabo de forma correcta.

Cuadro 2: Clasificación de las maderas peruanas según sus propiedades físicas y mecánicas.

Grupo	Propiedades físicas		Propiedades mecánicas					Clasificación
	Densidad Básica (g/cm3)	Contracción Volumétrica (%)	Flexión estática (MOR)	Compresión Paralela (RM)	Compresión Perpendicular (ELP)	Dureza (lados)	Cizallamiento	
I	< 0,30	< 7,0	< 300	< 120	< 10	< 100	< 30	Muy baja
II	0,30 - 0,40	7,0 - 10,0	300 - 500	120 - 240	10 - 4O	100 - 300	30 - 60	Baja
III	0,41 - 0,60	10,1 - 13,0	501 - 800	241 - 360	41 - 70	301 - 600	61 - 90	Media
IV	0,61 - 0,75	13,1 - 15,0	801 - 1000	361 - 480	71 - 100	601 - 900	91 - 100	Alta
V	> 0,75	> 15,0	> 1000	> 480	> 100	> 900	> 120	Muy alta

Fuente: Aróstegui (1982)

2.2.3. Relación características anatómicas y propiedades físicas.

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

Long, Smith y Scoot (1981) citados por Kort (1993) mencionan que en los árboles adultos la cantidad relativa de albura será menor que la presente en arboles más jóvenes. El duramen tiene una cantidad de extractivos mayor que la albura y debido a esto exhibe un peso específico más alto.

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

Notivo *et al.* (1992) indican que la densidad debe ser considerada como una expresión de la presencia relativa de los distintos elementos celulares que la componen (vasos, traqueidas, fibras, células de parénquima) y de la variación de la pared celular, lumen y espacios intercelulares.

Las maderas tropicales así coma las maderas de las regiones templadas poseen fibras cuya longitud está en relación con el crecimiento del árbol (ISTAS, 1963), además las especies de crecimiento rápido produce maderas de baja densidad, fibras cortas y la cavidad celular desarrollada; mientras que las maderas de crecimiento lento, dan fibras en general más largas y la cavidad celular estrecha (Saint, 1963)

Es conocido que las características anatómicas y propiedades físicas y mecánicas de la madera juvenil con respecto a la madera adulta son

diferentes en algunos casos estas diferencias son muy pronunciadas: la densidad y el largo de la fibra son menores en madera juvenil que en madera adulta (Zobel y Blair, 1976).

Soto (1982) agrega que la densidad sirve para caracterizar tecnológicamente a una madera, pues está altamente relacionada con el espesor de las paredes celulares y por consiguiente con la mayoría de sus propiedades físico – mecánicas.

Wilson y White (1986) sostiene que la madera tardía tiende a ser más densa que la madera temprana y la proporcionalidad entre ellas influyen sobre la densidad y consecuentemente, sobre la resistencia de la madera como un todo. La variabilidad en el espesor de los anillos de crecimiento es el producto combinado de la influencia del clima, las condiciones del sitio y el genotipo (Schweingruber, 1988). Sin embargo, gran parte de la variabilidad de los anillos de crecimiento se debe a oscilaciones climáticas y es por ello que, a partir de sus análisis, se pueden reconstruir las características del clima pasado. Durante el proceso de fosilización, si el espesor de los anillos de crecimiento no resulta alterado, es posible utilizar los análisis de los anillos de crecimiento para inferir las variaciones (Schweingruber, 1988).

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

Echenique (1970) citado por Soto (1982) sobre las propiedades físicas de la madera manifiesta que depende fundamentalmente de tres factores principales: a) la cantidad de elementos básicos que forman las paredes celulares; b) la disposición y orientación de los materiales que forman la pared celular que es una causa principal de la anisotropía de la madera, ya que la variabilidad química actúa como modificador de los dos primeros factores.

Instituto Forestal (1978), menciona que una particularidad que se presenta en el uso de la madera, la constituye la inestabilidad dimensional frente a las variaciones de la humedad. Estas contracciones y expansiones no son uniformes en todos los sentidos. La pared celular está compuesta principalmente de celulosa, que tiene la capacidad de absorción de vapor de agua, generándose la hinchazón de la misma, lo cual expande las células que lo constituyen. Contrariamente, cuando una célula de la madera pierde humedad en su pared, se reduce de tamaño. Como la mayoría de las células son alargadas, estas variaciones afectan porcentualmente en mayor medida el ancho.

Así mismo sostiene que existe una notoria diferencia en la contracción y expansión que experimenta la madera en sus diversos planos. En general, la contracción longitudinal es muy pequeña, fluctuando entre un 0,1 a un 0,3%; en cambio, la contracción en el sentido transversal a las fibras es considerable, fluctuando entre un 4 a un 17%. Esta diferencia en la contracción de la madera, en sus diversos sentidos, se debe principalmente a la disposición de las células. Estas, en su mayoría, están ubicadas verticalmente en el árbol, y como individualmente se contraen muy poco en su longitud, resulta que la madera tampoco se contraerá en este sentido. La contracción en el sentido radial es mayor que la tangencial, porque los radios están constituidos por células dispuestas horizontalmente en el sentido radial. Por consiguiente, estas zonas se contraen poco en este sentido, evitando así que las verticales se contraigan en el sentido de su diámetro

radial. En cambio, nada interfiere en la contracción máxima del diámetro tangencial de las células verticales. Hay considerables variaciones en las contracciones que experimentan las maderas de las diversas especies. En términos generales, las maderas pesadas se contraen e hinchan proporcionalmente más que las livianas.

2.2.4. Métodos de determinación de las propiedades físicas.

Contenido de humedad. Se emplea la Norma Técnica peruana 251.010, el cual define al contenido de humedad como la cantidad de agua presente en la madera referida a su peso anhidro o húmedo. Existen dos métodos para determinar el contenido de humedad (CH°) siendo el secado en estufa y el de extracción con disolventes, este último se utiliza exclusivamente para maderas que contengan sustancias volátiles. Mientras que el primero es para madera que no presentan sustancias volátiles. Para ello se necesita obtener el peso húmedo y el anhidro, para luego mediante la ecuación correspondiente, determinar el contenido de humedad.

Densidad. Para determinar la densidad se utiliza la Norma Técnica Peruana 251.011, el cual define que las densidades están en función al contenido de humedad de las muestras, siendo: densidad saturada, seca al aire y anhidra, cuyo proceso consiste en determinar el peso de la probeta y el volumen.

Contracción. Para determinar esta propiedad se utiliza la Norma Técnica Peruana 251.012, mediante la cual debe tomarse una orientación de las probetas en el plano de corte radial y tangencial, con el eje longitudinal paralela a la dirección de las fibras, para luego tomar mediciones en ambos planos en condición húmeda y seca al horno. La contracción se determina en las tres planos de corte: tangencial, radial y longitudinal, así como también como volumétrica.

2.3. Definición de términos básicos

Según, INIA – OIMT (1996)

Albura: Capa de madera suave que se encuentra inmediatamente después de la corteza. Generalmente es de color blanquecino, fisiológicamente activa y está ubicada entre el duramen y la corteza.

Anillo de crecimiento: Son capas concéntricas de crecimiento observable en la sección transversal de la madera. Son totalmente definidos en especies maderables que crecen en climas templados y poco marcados o a veces no diferenciados en especies tropicales.

Contenido de humedad inicial: Es la cantidad de agua que contiene la madera al iniciarse el secado.

Contenido de humedad de equilibrio: Es el contenido de humedad que alcanza la madera cuando está expuesta a condiciones ambientales constantes durante un tiempo adecuado. Es decir, es la condición de equilibrio entre la humedad de la madera y el medio ambiente que la rodea.

Contenido de humedad final: Es la cantidad de agua que tiene la madera al terminar el proceso de secado.

Contracción: Es la disminución de las dimensiones que sufre la madera cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. El valor de las contracciones suele expresarse como un porcentaje de alguna de las dimensiones que tenía la madera en estado verde. Puede ser la longitudinal, tangencial, radial y volumétrica.

Contracción radial: Expresada en %. Es la variación de la dimensión de una pieza de madera en el sentido de los radios de la madera, entre el estado verde y el estado anhidro. Se refiere a las dimensiones en estado verde.

Contracción tangencial: Expresada en %. Es la variación de la dimensión de una pieza de la madera, en el sentido perpendicular a los radios de la

madera, entre el estado verde y el estado anhidro. Se refiere a las dimensiones en estado verde.

Contracción volumétrica: Expresa en %. Es la variación de la dimensión de una pieza de madera en volumen, entre el estado verde y el estado anhidro, debido a las contracciones en estado verde.

Defecto: cualquiera irregularidad o imperfección de la madera, que afecta las propiedades físico – mecánicas y/o químicas, determinado generalmente una imitación en su uso o aplicaciones.

Densidad: Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Se acostumbra expresar en gramos por centímetro cubico.

Densidad verde: Relación entre la masa en estado verde y el volumen verde.

Densidad básica: Es la relación entre el peso mínimo del material, es decir seco en estufa a 105-110°C, y su volumen verde, como se halla en el apeo del árbol. Es la más utilizada en la industria forestal y se usa para conocer la cantidad de masa seca del volumen verde medido en una plantación

Densidad anhidra: Relación entre la masa seca al horno y el volumen en el mismo estado.

Duramen: Leño biológicamente inactiva y que generalmente e diferencia de la albura por su color más oscuro. Puede estar infiltrado por formas, resinas y otros materiales que lo hacen más oscuro y más resistente a los ataques de los microorganismos. Se encuentran localizados en el centro del árbol, entre la medula y la albura.

Grano: se refiere a la dirección, tamaño, arreglo, apariencia o calidad de las fibras de madera. Cuando se usa con adjetivos calificativos, tienen significados especiales relativos a la dirección de las fibras o a la dirección y

tamaño de los anillo de crecimiento; por ejemplo a través del grano, a lo largo del grano.

Grano entrecruzado: Es la disposición del grano debido a un crecimiento de las fibras en forma espiral con respecto al eje del árbol, alternándose la dirección del espiral en capas de diverso espesor que une pieza de grano recto, es decir, en las caras se observan gráficos simples o veteados de forma variada. En las piezas de corte radial en grano entrecruzado se presenta en las caras como bandas o franjas longitudinales de tono claro y oscuro encontrados.

Grano recto: Madera en la cual las fibras y demás elementos longitudinales corren paralelos al eje de la pieza.

Madera verde: Madera que no ha sido secada por debajo del punto de saturacin de la fibra. Generalmente con un contenido de humedad superior al 30%

Lustre o brillo: Característica típica de algunos grupos de especies; producido por el reflejo que causan los elementos que conforman lo radios cuando estos son expuestos a la luz. Observable en la sección o corte de la madera en forma notoria. Se califica de bajo, mediano o moderado a elevado o intenso.

Olor: Es producido por efluvios de ciertas sustancias químicas, tales como resinas, aceites y gomas, que se encuentran infiltradas en la madera, las cuales al volatizarse emanan olores característicos.

Poros: Termino de conveniencia para la sección transversal de un vaso o de una traqueada vascular, tomando el aspecto de pequeños agujeros. Observables en la sección transversal de la madera.

Porosidad: Característica determinada por el tamaño así como la forma en que se encuentran distribuidos los poros dentro de los anillos de crecimiento.

Radios o líneas horizontales: Constituido por tejido parenquimatoso, se orientan en forma perpendicular al eje del árbol semejante a una cinta. Se observa en la sección transversal, la altura se observa en la sección radial y en la sección tangencial conforma jaspes característicos.

Relación T/R: Se define como la relación entre la contracción tangencial y la contracción radial.

Textura: Característica dada por la distribución, proporción y tamaño relativo de los elementos leñosos (poro, parénquima y fibras), tiene importancia en el acabado de la madera son de 3 tipos: gruesa, media y fina.

Vasos: Son elementos de conducción, constituidos por células articuladas y que forman una estructura tubular.

Veteado: Característica producida por el diseño o grafico de la veta que se origina en la superficie longitudinal pulida, debido a la disposición de los elementos constitutivos del leño, especialmente los vasos, radios leñosos, parénquima y los anillos de crecimiento, así como también por el tamaño y la abundancia de ellos.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Descripción del lugar donde se desarrolló el estudio.

3.1.1. Lugar de ejecución

El estudio se realizó en dos fases: fase de campo y fase de laboratorio:
En la fase de campo el trabajo, para la extracción de los tres árboles de bolaina negra, se ejecutó en el Centro de Investigación y Capacitación Forestal Macuya – CICFOR en la margen derecha de la quebrada Cashibo. Políticamente se encuentra en el Km. 5, margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry, tramo San Alejandro Puerto Bermúdez, en los distritos de Irazola y Tournavista, provincias de Padre Abad y Puerto Inca, Región de Ucayali y Huánuco respectivamente.

La fase de laboratorio, para la determinación de las propiedades físicas de la madera de bolaina negra, se ejecutó en el Laboratorio de Propiedades Físicas de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicada en la margen izquierda de la carretera Federico Basadre Km 6, en el departamento de Ucayali, provincia de Coronel Portillo, distrito de Manantay.

3.1.2. Ecología.

Según la clasificación de Holdridge (1982) corresponde a la zona de vida natural Bosque húmedo tropical (bh-T).

3.1.3. Relieve

El primer árbol está ubicado en un terreno que presenta fisiografía de terraza baja, el segundo árbol en terreno de terraza media, el tercero es de la parte alta, todos ubicados en la zona del CICFOR – MACUYA.

3.1.4. Suelo

Morfológicamente corresponde a un suelo de textura liviana hasta pesadas con drenaje deficiente; frecuente en suelos con ph superior 5,5, arcillo – limoso, vertisol.

3.2. Método de investigación.

El método empleado fue experimental, que consiste en la determinación de las propiedades físicas de la madera de ***Guazuma ulmifolia*** **Lam.** (bolaina negra), extraídas de la zona experimental del CICFOR – MACUYA, obteniéndose información cuantitativa y cualitativa. Se llevo a cabo el procesamiento de datos y el análisis estadístico.

3.3. Población y muestras.

La población la constituye los árboles de *Guazuma ulmifolia* Lam (bolaina negra) existentes en el Centro de Investigación y Capacitación Forestal Macuya – CICFOR. **La muestra** la constituye los tres árboles de la especie en mención, extraídas en el tiempo de tres días, los cuales presentaron buena configuración física y buen estado fitosanitario.

Cuadro 3: Procedencia del material en estudio

N° Árbol	Coordenadas geográficas	Procedencia
1	498257 E	Terraza baja
	90190181 N	CICFOR - MACUYA
2	499106 E	Terraza media
	9018303 N	CICFOR - MACUYA
3	498799 E	Terraza alta
	9018698 N	CICFOR - MACUYA

3.4. Materiales y equipos.

3.4.1. Materiales de campo.

- ✓ Cinta métrica de 5 m
- ✓ Pintura esmalte
- ✓ Thinner (disolvente aromático)
- ✓ Brocha
- ✓ Gasolina 90 oct
- ✓ Cojines de aceite de dos tiempos
- ✓ Aceite quemado
- ✓ Machete
- ✓ Botas
- ✓ Cinta de embalaje
- ✓ Plumón indeleble (punta fina)
- ✓ Prensa botánica
- ✓ Papel periódico
- ✓ Alcohol 90% de pureza
- ✓ Libreta de campo

3.4.2. Equipos de campo

- ✓ Motosierra Sthill 070
- ✓ GPS Garmín Mac 60
- ✓ Cámara digital Zoom 5X

3.4.3. Materiales de laboratorio

- ✓ Probetas de 2 x 2 x 10 cm
- ✓ Probetas de 1 x 5 x 15 cm (corte radial y tangencial)
- ✓ Cámara digital

3.4.4. Equipos de laboratorio

- ✓ Estufa eléctrica con termostato regulable
- ✓ Balanza analítica digital de precisión 0.01 g

- ✓ Vernier digital de precisión 0.01 mm
- ✓ Lijadora eléctrica
- ✓ Lapto Corel i3.
- ✓ Impresora de inyección

3.4.5. Materiales de carpintería.

- ✓ Escuadra
- ✓ Regla milimétrica
- ✓ Lápiz
- ✓ Plumones indelebles
- ✓ Bolsas plásticas
- ✓ Cinta de embalaje
- ✓ Tiza

3.4.6. Equipos de carpintería.

- ✓ Sierra circular

3.5. Procedimientos de recolección de datos

3.5.1. Selección de árboles.

Se seleccionaron tres arboles tomando en consideración la buena conformación fitosanitaria del individuo, accesibilidad del lugar, asimismo se escogieron arboles de diferentes diámetros, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 251.008 (1980).

3.5.2. Colección de muestras botánicas e identificación

Para la identificación en base al material botánico se tomaron las muestras botánicas fértiles después de haber sido tumbado los árboles, los cuales fueron herborizadas de acuerdo a las técnicas recomendadas; la identificación se realizó en el herbario del Instituto Veterinario de Investigación Tropical y de Altura – IVITA – Pucallpa; la colección se realizó siguiendo lo establecido por la Norma Técnica Peruana NTP 251.008 (1980).

3.5.3. Extracción de las rodajas.

Previo al tumbado de los árboles, se marcó la orientación cardinal en cada árbol, con la ayuda de una brújula, para tener referencia de la procedencia de las probetas con respecto a la orientación cardinal.

Posteriormente se sacaron tres (3) rodajas para los ensayos, y tres (3) rodajas testigo de cada árbol en sus niveles de fuste (inferior, medio y superior), haciendo un total de 6 rodajas por árbol. La extracción de la rodaja del nivel inferior estuvo supeditada a la altura de las aletas de la raíz. El nivel medio correspondió al centro del fuste; y el nivel superior se consideró hasta donde nace la primera rama.

Cuadro 4: Diámetros promedio de cada nivel de los árboles.

Árbol	Diám. promedio de los niveles del fuste (cm)		
	Nivel inferior	Nivel medio	Nivel superior
1	25	23	20
2	31	23	21
3	29	27	26

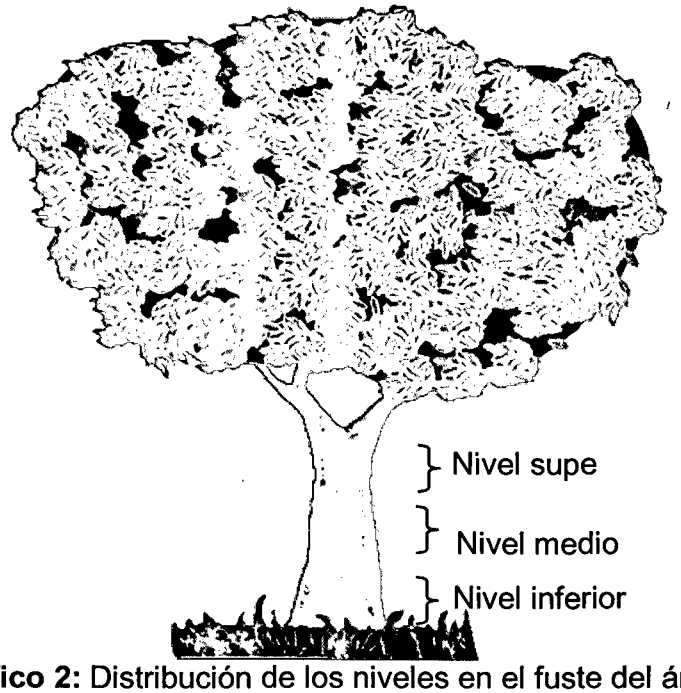


Grafico 2: Distribución de los niveles en el fuste del árbol.

3.5.4. Acondicionamiento de rodajas.

Luego de obtener las rodajas, se les acondicionó, codificó y marcó los puntos cardinales, luego se pintó los extremos y finalmente se envolvió con bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad. Este ensayo se realizó siguiendo las exigencias de la Norma Técnica Peruana NTP 251.009 (1980).

3.5.5. Obtención de las probetas.

A. Para propiedades físicas.

Se realizó en el taller de carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU). De cada rodaja se obtuvieron las probetas teniendo como referencia la médula y orientación. En el primer corte se obtuvo la tablilla de Norte – Sur, en el segundo y el tercera tablilla Oeste y Este. Obtenidas las tablillas se procedió a cortarlas en el sentido longitudinal para la obtención de las probetas.

Cada probeta que obtenida, se les acondicionaba, previamente codificada, tal como se ve en el ítem 2.5.6. En todas estas actividades se tuvo especial cuidado en que cada probeta no pierda ni gane

humedad, hasta empezar los ensayos de propiedades físicas, para ello se le puso en bolsas plásticas.

Cuadro 5: Número de probetas obtenidas por árbol y nivel del fuste.

ARBOL	NIVEL	PROBETAS
1	Inferior	16
	Medio	13
	Superior	14
2	Inferior	20
	Medio	13
	Superior	11
3	Inferior	17
	Medio	16
	Superior	16
TOTAL		**136**

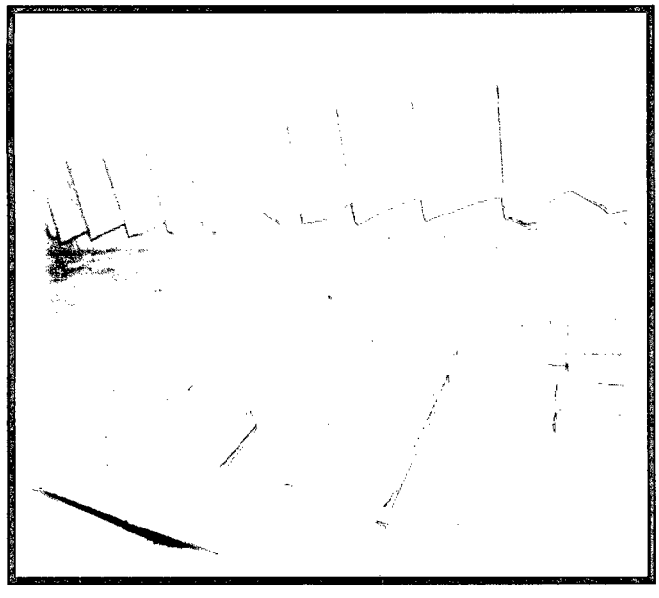


Gráfico 3: Probetas en cada nivel del árbol

B. Para la descripción anatómica.

Se obtuvieron probetas de los residuos de las rodajas, de albura y duramen de cada nivel del fuste, cuyas dimensiones fueron:

- ✓ 5 x 5 x 5
- ✓ 2 x 10 x 15 cm (corte radial y tangencial)
- ✓ 1 x 5 x 15 cm (corte radial y tangencial) material de xiloteca.

3.5.6. Codificación de las probetas.

Las codificaciones se realizaron de la siguiente manera:

Bolaina negra	: BN
N° de árbol	: 1, 2, 3
Nivel	: B, M, C (base, medio, copa)
Orientación cardinal	: Norte, sur, este, oeste.
N° de probeta	: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.....n
Ejemplo	: BN1BN6

3.5.7. Descripción anatómica de la madera.

Nivel macroscópico.

Se realizó en el laboratorio de Anatomía de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali.

El ensayo se realizó de acuerdo al listado establecido por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera – IAWA (1989).

Para la descripción del grano se usó las probetas de 5 x 5 x 5 cm. procedentes de albura y duramen y de los 3 niveles del árbol.

Las probetas de 2 x 10 x 15 cm. sirvieron para describir de brillo, veteado, poros, parénquima, radios; para este ensayo se empleó una lupa de 10x.

Las rodajas testigo, se utilizaron para la descripción de las características organolépticas, tales como: olor, sabor, color de la madera, así como también la diferenciación entre albura y duramen y para discutir los resultados obtenidos en propiedades físicas.

3.5.8. Ejecución de ensayos de propiedades físicas de la madera.

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional de Ucayali.

A continuación se presenta las normas técnicas usadas en los respectivos ensayos:

ENSAYOS	NORMA TECNICA PERUANA (NTP)
• Contenido de humedad	: 251.010
• Densidad	: 251.011
• Contracción	: 251.012

Las probetas (136) obtenidas fueron evaluadas, la cual se realizó en tres planos de corte.



Grafico 4: Marcas en donde se hicieron las mediciones diarias

Las evaluaciones se hicieron de la siguiente forma y con la ayuda de una balanza digital, y vernier digital:

A. Condición seco al aire.

Obtenidas las probetas se procedió a medirlas y a pesarlas dejando secar de forma natural hasta que el peso de la probeta sea constante, el proceso fue como se indica:

- ✓ Pesada y medida diariamente durante una semana
- ✓ Pesada y medida interdiario durante dos semanas
- ✓ Pesada y medida semanalmente hasta peso constante.

B. Condición seco a horno.

Obtenido el peso constante se procedió a dar una última medición a las probetas y luego fueron introducidas ordenadamente a la estufa.

El aumento de la temperatura fue gradual de 30 – 45 – 60 – 80 y 103 °C, con el fin de evitar rajaduras y el colapso de las probetas, dejándolas secar hasta obtener el peso constante por lo que se realizó un muestreo en el peso.

Se procedió a sacar las probetas de la estufa por bloques. Posteriormente fueron pesadas y medidas respectivamente siendo sacadas una por una con el fin de que no absorba humedad procedente del ambiente.

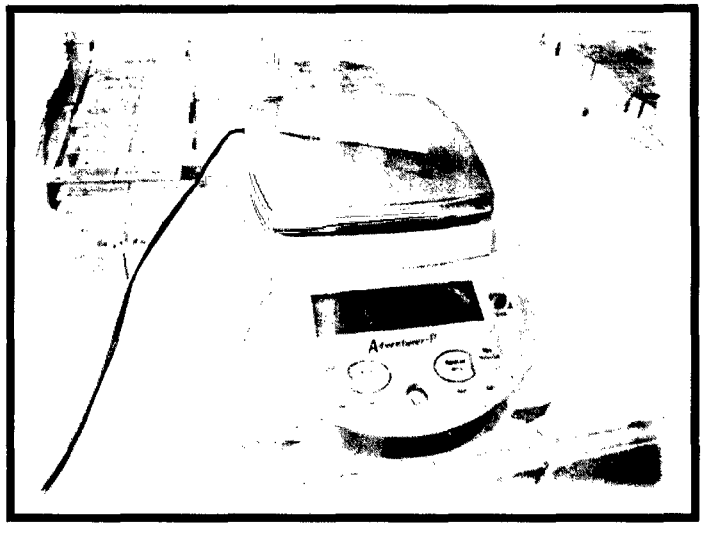


Grafico 5: Pesada de las probetas

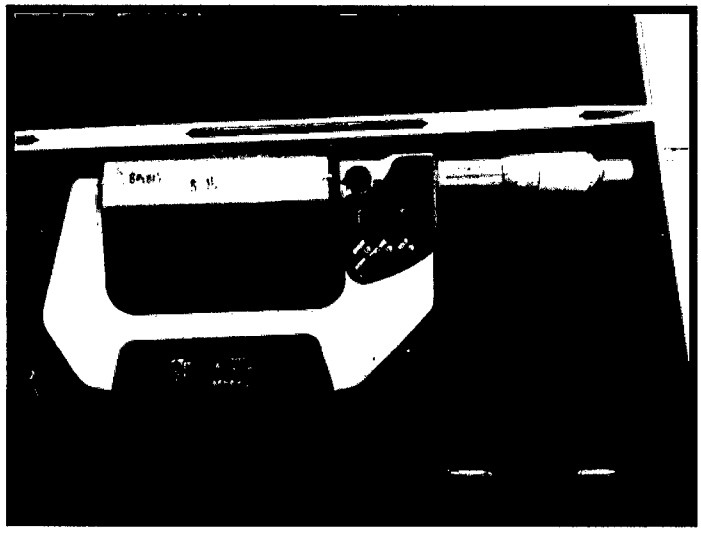


Grafico 6. Medición de las probetas

3.5.9. Determinación de las propiedades físicas

A. Contenido de humedad. Para el cálculo de los diferentes contenidos de humedad que se va a calcular se utilizara el método de las pesadas o estufa, y éstos se determinó por la siguiente fórmula:

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

Dónde:

CH (%) = contenido de humedad en %

Ph: Peso Húmedo

Ps: Peso Seco

B. Densidad. Se efectuaran los cálculos de la densidad para sus diferentes condiciones, y se utilizaron las siguientes formulas:

Densidad seco al aire = peso seco al aire (gr/cm^3)
Volumen seco al aire

Densidad seca al horno = peso seco al horno (gr/cm^3)
Volumen seco al horno

C. **Peso específico.** Al igual que la densidad, para el peso específico se pudieron evaluar bajo sus diferentes condiciones, en las cuales utilizaron las siguientes fórmulas:

Peso específico seco al aire = peso seco al aire
Peso del agua T° ambiente

Peso específico seco al horno = Peso seco al horno
Peso del agua a T° horno

D. **Contracción tangencial, radial, longitudinal y volumétrica.** Para la determinación de las contracciones se utilizaron las siguientes formulas:

Contracción radial

$$C.rad\ (\%) = \frac{d.v.r.\ (CH > 30\%) - d.s.r\ (CH \approx 0\%)}{d.v.r.\ (CH > 30\%)} \times 100$$

Contracción tangencial

$$C.tg\ (\%) = \frac{d.v.t.\ (CH > 30\%) - d.s.t\ (CH \approx 0\%)}{d.v.t.\ (CH > 30\%)} \times 100$$

Contracción longitudinal

$$C.long\ (\%) = \frac{d.v.l.\ (CH > 30\%) - d.s.l\ (CH \approx 0\%)}{d.v.l.\ (CH > 30\%)} \times 100$$

Contracción volumétrica

$$C.vol\ (\%) = \frac{d.v.v.\ (CH > 30\%) - d.s.v\ (CH \approx 0\%)}{d.v.v.\ (CH > 30\%)} \times 100$$

Dónde:

Ctg = Contracción tangencial

Crad = Contracción radial

Clong = Contracción longitudinal

Cvol = Contracción volumétrica

d.v.r. (CH>30%)= Dimensión radial verde con un contenido de humedad mayor al 30%.

d.v.t. (CH>30%)= Dimensión tangencial verde con un contenido de humedad mayor al 30%.

d.v.l. (CH>30%)= Dimensión longitudinal verde con un contenido de humedad mayor al 30%.

d.v.v. (CH>30%)= Dimensión volumétrica verde con un contenido de humedad mayor al 30%.

3.6. Tratamiento de los datos

En el presente estudio se aplicó un análisis de varianza unifactorial (AV1) para determinar si existe diferencia significativa entre las propiedades físicas de la madera de 3 niveles del fuste. En donde hubo diferencia significativa se aplicó una prueba de medias (Prueba de Tukey), para determinar qué tratamientos difieren entre sí.

El análisis de variancia y la prueba de medias (si así lo requiere) se hicieron para cada propiedad física.

Dónde:

Tratamientos (T) = Niveles de fuste = 3

Repeticiones (R) = Número de árboles = 3

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características generales de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam.

4.1.1. Albura y duramen.

La proporción de albura y duramen en la sección transversal de las rodajas en todos los niveles y en todos los árboles, es diferente. Pero en general, el promedio la proporción de albura es mayor con 82% frente al 18% del duramen. Esta proporción mayor de albura que de duramen indica que los individuos son jóvenes, ya que en árboles adultos, la albura es menor que el duramen, ya que el duramen tiene una cantidad de extractivos mayor que la albura, según long, Smith y Scoot citados por Kort (1993)

4.1.2. Anillos de crecimiento.

Los anillos de crecimiento son visibles a simple vista en todos los niveles y en todos los árboles; no existe un orden en los anillos de crecimiento, algunos se juntan en la mayor parte del tronco, por lo que dificulta su conteo. Teóricamente, no existe una especie forestal que presenta los anillos en forma regular, esta característica se podría atribuir a las condiciones climáticas y calidad de sitio (Kort, 1993)

4.2. Propiedades físicas de la especie

Con respecto a las propiedades físicas de *Guazuma ulmifolia* Lam determinados en el siguiente trabajo fueron: el contenido de humedad inicial y el contenido de humedad de equilibrio, la densidad saturada, densidad seco al aire, densidad seco al horno, densidad básica, peso específico seco al aire, contracciones tangencial, radial, longitudinal y volumétrica de la madera verde a seco al horno y de la madera verde a seco al aire, así como la relación de la contracción tangencial/radial, los cuales se detallan a continuación:

4.2.1. Contenido de humedad

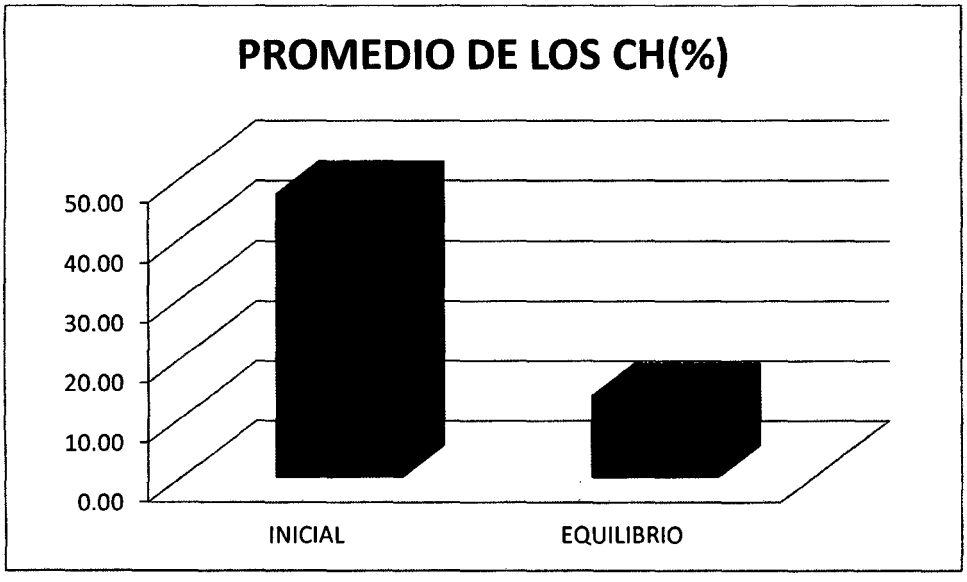


Grafico 7. Promedio de CH (%) de la especie *Guazuma ulmifolia* Lam.

En el gráfico 7 se observa como las propiedades físicas cambian en el tiempo cuando la madera es expuesta a los factores ambientales. Así se tiene que cuando la madera es expuesta a temperatura ambiente, el contenido de humedad disminuye de 47.45% a 13.84%, obteniéndose de esta manera una humedad de equilibrio de la madera con el medio ambiente en el lapso de un mes.

4.2.2. Densidad saturada (g/cm3) por niveles de fuste.

Cuadro 6: Promedio de la densidad saturada (g/cm3) de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam.

Árbol	Nivel		
	T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
1	0.664	0.507	0.553
2	0.651	0.508	0.543
3	0.78	0.726	0.716
Prom/nivel	**0.696**	**0.591**	**0.614**
Prom. Gral.	**0.639**		

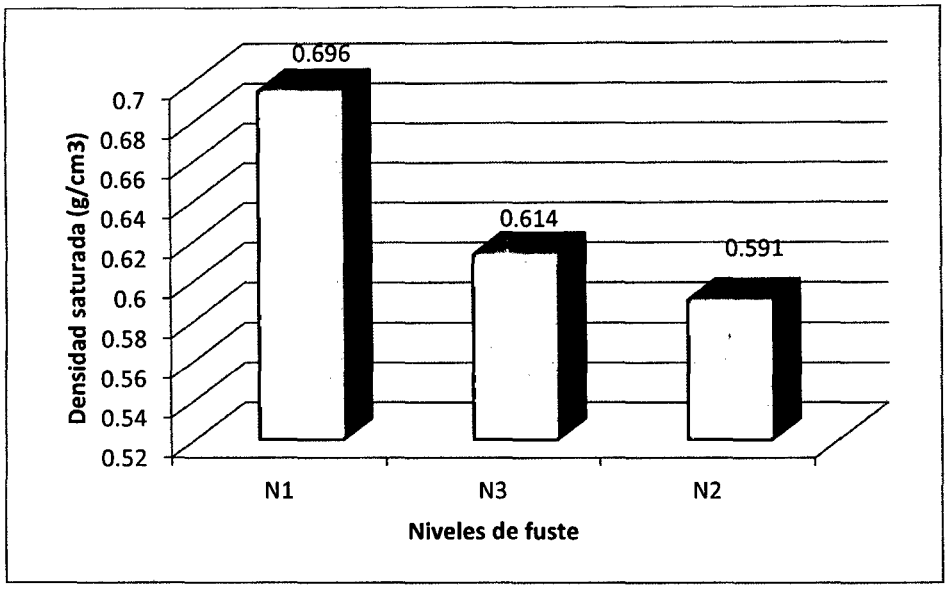


Gráfico 8: Promedio de densidad saturada (g/cm3) de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam. por niveles de fuste

En el cuadro 6 y gráfico 8 se observa el promedio la densidad saturada de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste, en cual se encontró que en el primer nivel o nivel basal (T1 = N1) fue de 0.696 g/cm^3, en el tercer nivel o nivel apical (T3 = N3) 0.614 g/cm^3 y en el segundo nivel o nivel medio (T2 = N2) 0.591 g/cm^3, con un promedio general de 0.639 g/cm^3.

Cuadro 7: Análisis de variancia de la densidad saturada por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	0.2978	0.1489	14.27	0.000	**
Error	133	1.3883	0.0104			
Total	135	1.6861				

Por su parte el cuadro 7 indica el análisis de variancia de la densidad saturada por niveles de fuste, en el cual se ve que existe diferencia

altamente significativa de la densidad saturada de la madera en los 3 niveles de fuste. Esto quiere decir, que al menos una densidad de los niveles se diferencia de los otros dos, el cual se pasa a ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 8: Prueba de medias (Tukey) de la densidad saturada (g/cm3) por niveles de fuste

Tratamientos (Niveles)	T1 = N1 (Nivel basal)	T3 = N3 (Nivel apical)	T2 = N2 (Nivel medio)
Promedios	0.696	0.614	0.591
	A		
		B	B

De acuerdo al cuadro 8, existe diferencia significativa entre la densidad saturada de la madera del primer nivel (nivel basal) con respecto al tercer (nivel apical) y segundo nivel (nivel medio), entre quienes no existe diferencia significativa. Esto quiere decir, que la densidad del nivel basal es superior al nivel medio y apical, mientras que la densidad del nivel apical es similar a la del nivel medio.

Con respecto al promedio de la densidad saturada, y teniendo como referencia a la clasificación hecha por Aróstegui (1982) se le clasifica como **densidad alta**. Esto se debe porque toda la madera y los poros de las células están llenos de agua, por consiguiente, la madera tiene un incremento en su masa mayor al incremento de su volumen, por lo tanto la densidad tiende a aumentar (JUNAC, 1989).

4.2.3. Densidad seco al aire (g/cm3)

Cuadro 9: Promedio de la densidad seco al aire (g/cm3) de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam.

Árbol	Nivel		
	T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
1	0.498	0.445	0.457
2	0.506	0.457	0.499
3	0.547	0.532	0.521
Prom/nivel	**0.517**	**0.482**	**0.493**
Prom. Gral.	**0.499**		

En el cuadro 9 y gráfico 9 se observa el promedio de la densidad seco al aire de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste, en cual se encontró que la densidad en el primer nivel o nivel basal (T1 = N1) fue de 0.517 g/cm^3, en el tercer nivel o nivel apical (T3 = N3) 0.493 g/cm^3 y en el segundo nivel o nivel medio (T2 = N2) 0.482 g/cm^3, con promedio general de 0.499 g/cm^3.

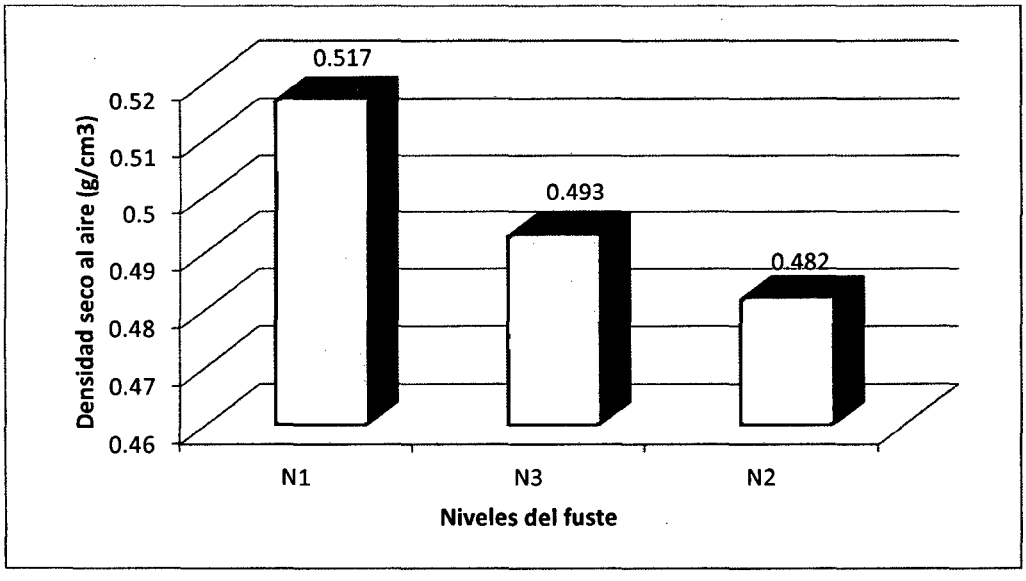


Gráfico 9: Promedio de la densidad seco al aire g/cm3) de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam. por niveles de fuste.

Cuadro 10: Análisis de variancia de la densidad seco al aire (g/cm3) por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	0.03067	0.01533	5.62	0.005	**
Error	133	0.36294	0.00273			
Total	135	0.39360				

Por otra parte en el cuadro 10 se observa el análisis de variancia de la densidad seco al aire por niveles de fuste, dando como resultado que existe diferencia altamente significativa entre la densidad seco al aire de la madera en 3 niveles de fuste. Esto quiere decir, que al menos uno de los niveles se diferencia de los otros dos en cuanto a la densidad seco al aire, el cual se pasa a ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 11: Prueba de medias (Tukey) de la densidad seco al aire (g/cm3) por niveles de fuste

Tratamientos	T1 = N1 (Nivel basal)	T3 = N3 (Nivel apical)	T2 = N2 (Nivel medio)
Promedios	0.517	0.493	0.482
	A	A	
		B	B

De acuerdo al cuadro 11 (prueba de Tukey), existe diferencia de la densidad seco al aire del primer nivel (nivel basal) con respecto al segundo nivel (nivel intermedio), mientras que la densidad del primer (nivel basal) y tercer nivel (nivel apical) no existe diferencia significativa, así también no existe diferencia significativa entre la densidad del nivel apical y del nivel medio.

De todo esto se concluye que la densidad del nivel basal es superior al nivel medio.

De acuerdo a la clasificación de las densidades hecha por Aróstegui (1982), el promedio de la densidad seca al aire de esta especie se sitúa como una **densidad media**

4.2.4. Densidad seco al horno (g/cm3)

Cuadro 12: Promedio de la densidad seco al horno (g/cm3) de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam.

Árbol	Nivel		
	T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
1	0.460	0.411	0.422
2	0.469	0.423	0.461
3	0.507	0.496	0.486
Prom/nivel	**0.478**	**0.447**	**0.457**
Prom. Gral.	**0.462**		

En el cuadro 12 y gráfico 10 se observa el promedio de la densidad seco al horno de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste, en cual se encontró que la densidad en el primer nivel o nivel basal (T1) fue de 0.478 g/cm^3, en el tercer nivel o nivel apical (T3) 0.457 g/cm^3 y en el segundo nivel o nivel medio (T2) 0.447 g/cm^3, con un promedio general de 0.462 g/cm^3.

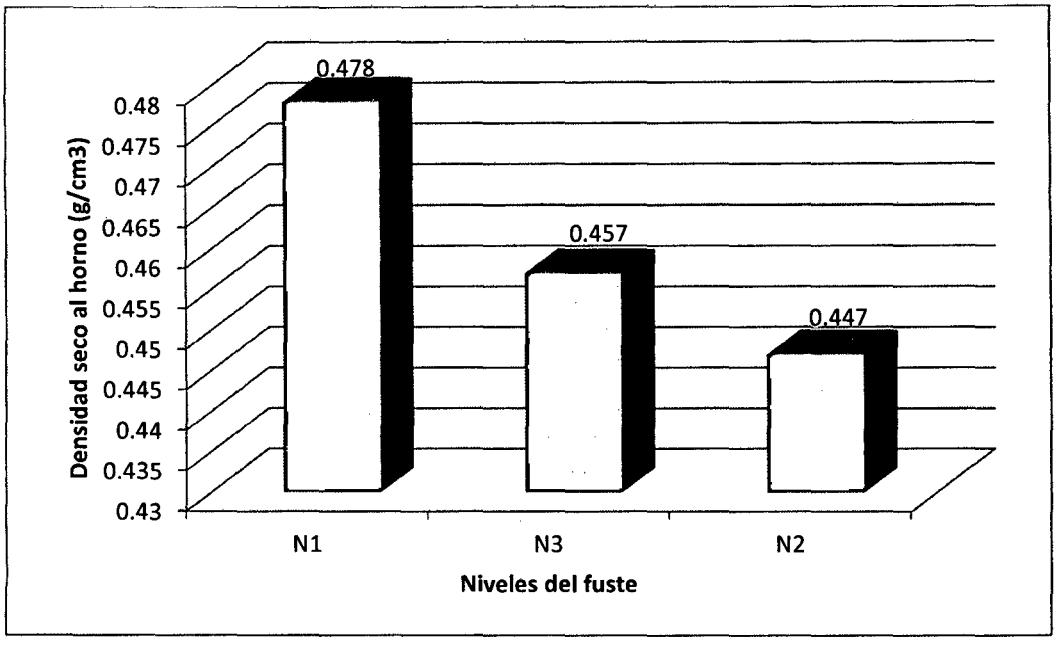


Gráfico 10: Promedio de la densidad seco al horno de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam. por niveles de fuste

Cuadro 13: Análisis de variancia de la densidad seco al horno (g/cm3) por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	0.02486	0.01243	5.04	0.008	**
Error	133	0.32819	0.00247			
Total	135	0.35305				

En el cuadro 13 se observa el análisis de variancia de la densidad seco al horno por niveles de fuste, dando como resultado que existe diferencia altamente significativa entre la densidad seco al horno de la madera en 3 niveles del fuste. Esto quiere decir, que al menos uno de los niveles se diferencia de los otros dos en cuanto a la densidad seco al horno, el cual se pasa a ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 14: Prueba de medias (Tukey) de la densidad seco al horno (g/cm3) por niveles de fuste

Tratamientos	T1 = N1 (Nivel basal)	T3 = N3 (Nivel apical)	T2 = N2 (Nivel medio)
Promedios	0.478	0.457	0.447
	A	A	
		B	B

De acuerdo al cuadro 14 (prueba de Tukey), existe diferencia de la densidad seco al horno del primer nivel (nivel basal) con respecto al segundo nivel (nivel medio), mientras que la densidad del primer y tercer nivel no existe diferencia significativa, así también existe diferencia significativa entre la densidad del tercer y segundo nivel. De esto se concluye que la densidad seca al horno del nivel basal es mayor al nivel medio.

Taquire (1987) encontró en *Guazuma crinita* Mart, a nivel longitudinal que la densidad anhidra es mayor en la parte basal, decreciendo en la parte media, pero no existiendo diferencia marcada entre la parte superior y la parte media.

De acuerdo a la clasificación de las densidades hecha por Aróstegui (1982), el promedio de la densidad seca al horno de esta especie se sitúa como una **densidad media.**

4.2.5. Densidad básica (g/cm3)

Cuadro 15: Promedio de la densidad básica (g/cm3) de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam.

Árbol	Nivel		
	T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
1	0.416	0.373	0.387
2	0.424	0.389	0.425
3	0.459	0.452	0.443
Promedio	**0.433**	**0.408**	**0.419**
Prom. Gral.	**0.421**		

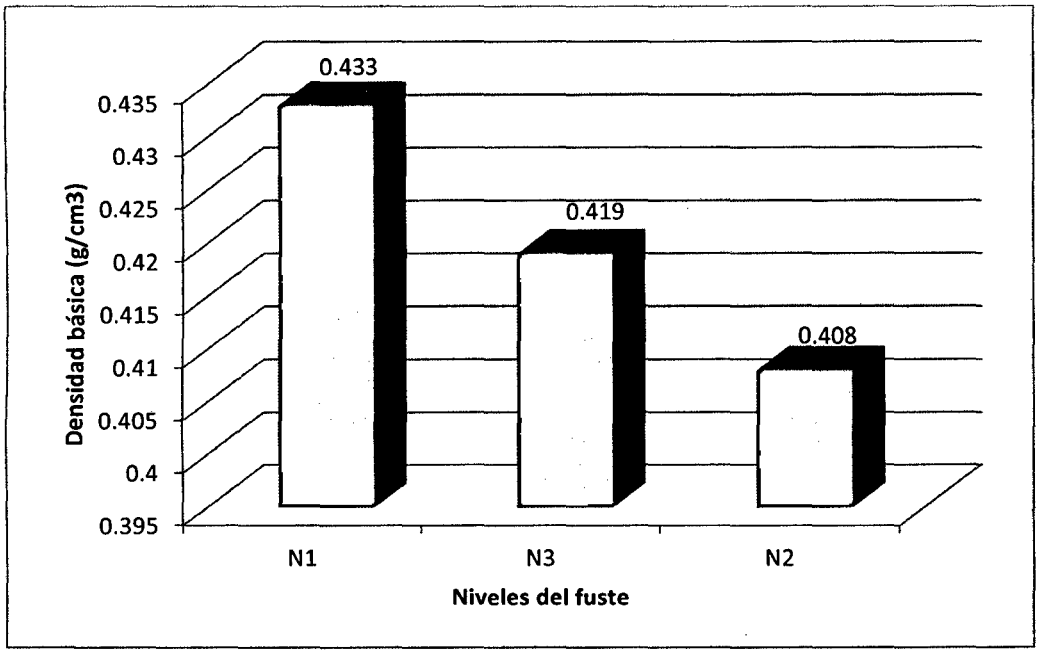


Gráfico 11: Promedio de la densidad básica (g/cm3) de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam. por niveles de fuste

En el cuadro 15 y gráfico 11 se observa el promedio de la densidad básica de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste, en cual se encontró que la densidad en el primer nivel o nivel basal (T1 = N1) fue de 0.433 g/cm^3, en el tercer nivel o nivel apical (T1 = N3) 0.419 g/cm^3 y en el

segundo nivel o nivel medio (T2 = N2) 0.408 g/cm^3, con un promedio general de 0.421 g/cm^3.

Cuadro 16: Análisis de variancia de la densidad básica (g/cm3) por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	0.01466	0.00733	3.63	0.029	*
Error	133	0.26883	0.00202			
Total	135	0.28349				

En el cuadro 16 se observa el análisis de variancia de la densidad básica por niveles de fuste, dando como resultado la existencia de diferencia significativa entre de la densidad básica de la madera en los 3 niveles de fuste. Esto quiere decir, que al menos uno de los niveles se diferencia de los otros dos en cuanto a la densidad básica, el cual se pasa a ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 17: Prueba de medias (Tukey) de la densidad básica (g/cm3) por niveles de fuste

Tratamientos	T1 = N1 (Nivel basal)	T3 = N3 (Nivel apical)	T2 = N2 (Nivel medio)
Promedios	0.433	0.419	0.408
	A	A	
		B	B

De acuerdo al cuadro 17 (prueba de Tukey), existe diferencia significativa entre la densidad básica del primer nivel con respecto al segundo nivel,

mientras que entre la densidad básica del primer (nivel basal) y tercer nivel (nivel apical) no existe diferencia significativa, así también no existe diferencia significativa entre la densidad del tercer y segundo nivel. Esto quiere decir, que la densidad básica del nivel basal es superior al nivel medio.

Tal como se pudo apreciar en todas las densidades, siempre el nivel basal tuvo mayor densidad que el nivel medio y apical, porque la parte basal tiene mayor proporción de madera tardía que madera temprana y como tal tiene mayor densidad, tal como lo sostiene Wilson y White (1986), así mismo en esta parte la madera tiene mayor espesor de la pared celular, mayor tamaño de las fibras, mayor cantidad de sustancias extraíbles en la madera, como consecuencia aumenta la masa en mayor proporción al volumen, tal como mencionan Long, Smith y Scoot citados por Kort (1993).

Así mismo en el presente trabajo se determinó que siempre la densidad del nivel apical se sitúa después del nivel basal, debiendo ser el nivel medio, y esto posiblemente se debe porque en la madera se dan diferencias muy notables de sus propiedades presentándose muy diversas aún en el mismo árbol (EDITORIAL BLUME, 1980), como consecuencia de la distribución y ordenación de los anillos de crecimiento (Long, Smith y Scoot citados por Kort, 1993).

Teniendo en cuenta al promedio general de la densidad básica encontrado en el presente trabajo que es de 0.421 g/cm3 y relacionándolo con los valores de la densidad reportado por Aróstegui (1982) está dentro del rango 0.41 – 0.60 g/cm3, el cual está clasificado como **densidad media**

De acuerdo a la densidad de la madera de esta especie, puede ser usada en carpintería, mueblería, molduras, rodones, zócalos, tapamarcos, forros interiores y exteriores.

4.2.6. Peso específico seco al aire.

Cuadro 18: Promedio del peso específico seco al aire de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam.

Árbol	Nivel		
	T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
1	0.436	0.391	0.402
2	0.443	0.400	0.436
3	0.483	0.473	0.462
Prom/nivel	**0.454**	**0.425**	**0.435**
Prom. Gral.	**0.439**		

En el cuadro 18 y gráfico 12 se observa el promedio del peso específico al aire de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam por niveles de fuste, en cual se encontró que el peso específico en el primer nivel o nivel basal (T1 = N1) fue de 0.454, en el tercer nivel o nivel apical (T3 = N3) 0.435 y en el segundo nivel o nivel medio (T2 = N2) 0.425, con un promedio general de 0.439.

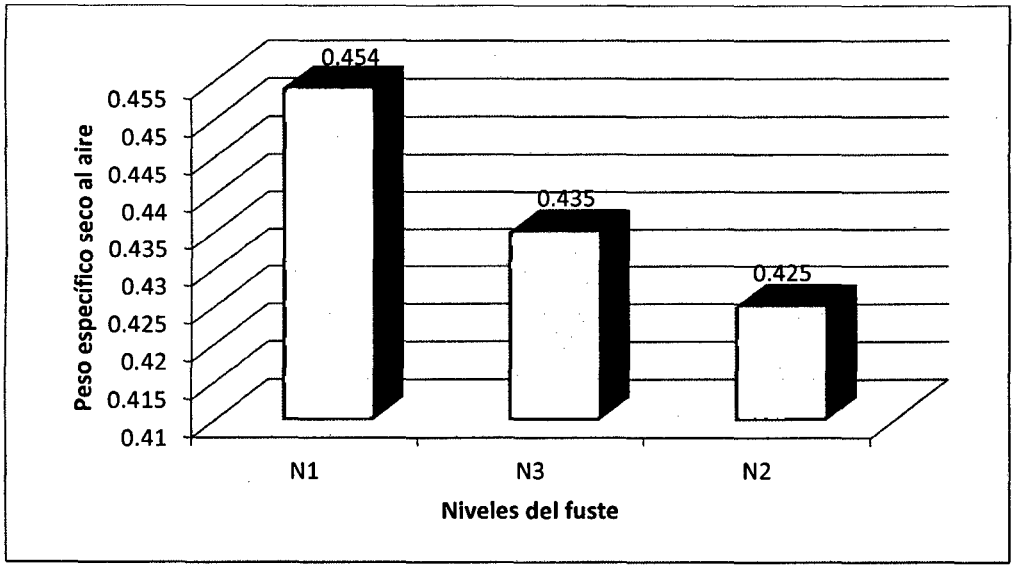


Gráfico 12: Peso específico seco al aire de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam. por niveles de fuste

Cuadro 19: Análisis de variancia del peso específico seco al aire por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	0.02027	0.01014	4.63	0.011	*
Error	133	0.29140	0.00219			
Total	135	0.31168				

Por otra parte en el cuadro 19 se observa el análisis de variancia del peso específico seco al aire por niveles de fuste, dando como resultado la existencia de diferencia significativa del peso específico seco al aire de la madera por niveles de fuste. Esto quiere decir, que al menos uno de los niveles se diferencia de los otros dos en cuanto al peso específico seco al aire, el cual se pasa a ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 20: Prueba de medias (Tukey) del peso específico seco al aire por niveles de fuste

Tratamientos	T1 = N1 (Nivel basal)	T3 = N3 (Nivel apical)	T2 = N2 (Nivel medio)
Promedios	0.454	0.435	0.425
	A	A	
		B	B

De acuerdo al cuadro 20 (prueba de Tukey), existe diferencia significativa del peso específico del primer nivel con respecto al segundo nivel, mientras que el peso específico del primer y tercer nivel no existe diferencia significativa, así también no existe diferencia significativa entre el peso específico del

tercer y segundo nivel. Esto quiere decir, que el peso específico del nivel basal es superior al del nivel medio.

De acuerdo a la clasificación de las densidades hecha por Aróstegui (1982), el promedio del peso específico seca al aire de esta especie se sitúa como un **peso específico medio**

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

Kollman (1959) afirma que a proporción de fibras en el volumen total influye directamente en el peso específico y por consiguiente en las características de resistencia y dilatación, así mismo opina que el porcentaje de la proporción de vasos en la madera varían del 2% al 65% y que la distribución de estos influye en la resistencia del leño.

4.2.7. Contracción tangencial (%)

Cuadro 21: Promedio de la contracción tangencial (%) de verde a seco al horno y de verde a seco al aire

	Árbol	Nivel		
		T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
Verde – seco al horno	1	6.306	6.426	5.540
	2	6.144	5.290	4.648
	3	6.545	5.858	5.962
	Prom/nivel	**6.322**	**5.858**	**5.466**
Promedio general		**5.920**		
Verde – seco al aire	1	3.227	2.820	2.981
	2	3.431	3.209	3.076
	3	3.056	2.921	3.009
	Prom/nivel	**3.249**	**2.979**	**3.018**
Promedio general		**3.096**		

En el cuadro 21 se observa el promedio de la contracción tangencial de la madera en estado verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste. De acuerdo a esto la contracción tangencial de verde a seco al horno en el primer nivel o nivel basal (T1 = N1) fue 6.322%, en el segundo nivel o nivel medio (T2 = N2) 5.858% y en el tercer nivel o nivel apical (T3 = N3) 5.466% (figura 12), con un promedio general de 5.920%. Por su parte, la contracción tangencial de la madera en estado verde a seco al aire en el primer nivel fue 3.249%, en el segundo nivel 2.979 y en el tercer nivel 3.018% (figura 13), con un promedio general de 3.096%.

Respecto al promedio de la contracción tangencial de la madera del estado verde a seco al horno (5.920%), ésta se reafirma porque Aróstegui (1982) encontró que la contracción tangencial de la madera puede alcanzar hasta un 10%. Sin embargo, hay que tener muy en cuenta, que en los trabajos cotidianos se hace con la madera seca aire, por lo tanto, la contracción

tangencial seca al aire, es muy importante, en los trabajos con la madera de esta especie.

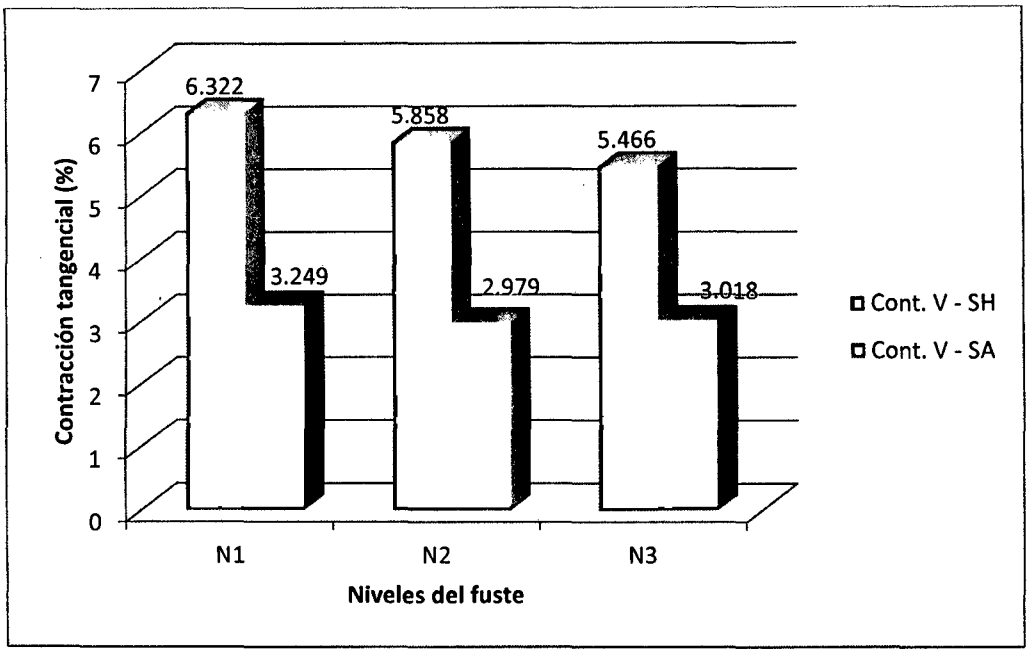


Gráfico 13: Contracción tangencial (%) de verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste

Cuadro 22: Análisis de variancia de la contracción tangencial (%) verde - seco al horno por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	17.18	8.59	7.38	0.001	**
Error	133	154.78	1.16			
Total	135	171.96				

En el cuadro 22 se observa el análisis de variancia de la contracción tangencial de la madera en condición verde a seco al horno por niveles de fuste, dando como resultado la existencia de diferencia altamente

significativa entre la contracción tangencial de la madera por niveles de fuste. Esto quiere decir, que la contracción tangencial se diferencia por menos en uno de los otros dos niveles de fuste, el cual se pasa a ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 23: Prueba de medias (Tukey) de la contracción tangencial (%) verde – seco al horno por niveles de fuste

Tratamientos	T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
Promedios	6.322	5.858	5.466
	A	A	
		B	B

De acuerdo al cuadro 23 (prueba de Tukey), existe diferencia entre la contracción tangencial de la madera del primer nivel (nivel basal) con respecto al del tercer nivel (nivel apical), mientras que entre la contracción del primer (nivel basal) y segundo nivel (nivel medio) no existe diferencia, así mismo no existe diferencia entre la contracción del nivel medio y del nivel apical. Por lo tanto, la contracción tangencial del nivel basal es mayor al nivel apical.

Cuadro 24: Análisis de variancia de la contracción tangencial (%) verde - seco al aire por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	2.072	1.036	3.57	0.031	*
Error	133	38.634	0.290			
Total	135	40.706				

En el cuadro 24 se observa el análisis de variancia de la contracción tangencial de la madera en condición verde a seco al aire por niveles de

fuste, dando como resultado la existencia de diferencia significativa entre la contracción de la madera por niveles de fuste. Esto quiere decir, que al menos la contracción de uno de los niveles se diferencia de los otros dos, el cual se pasa a ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 25: Prueba de medias (Tukey) de la contracción tangencial (%) verde – seco al aire por niveles de fuste

Tratamientos	T1 = N1 (Nivel basal)	T3 = N3 (Nivel apical)	T2 = N2 (Nivel medio)
Promedios	3.249	3.018	2.979
	A	A	
		B	B

De acuerdo al cuadro 25 (prueba de Tukey), existe diferencia entre la contracción tangencial verde – seco al aire del primer nivel (nivel basal) con respecto al segundo nivel (nivel medio), mientras que entre la contracción del primer (nivel basal) y tercer nivel (nivel apical) no existe diferencia, así mismo no existe diferencia entre la contracción del tercer (nivel apical) y segundo nivel (nivel medio) o en todo caso la diferencia es mínima, el cual no es significativa en términos estadísticos. De todo esto, se concluye que la contracción tangencial del nivel basal es mayor al nivel medio. Esto es así, porque la relación de la densidad con la contracción es una relación directa. Es decir, la madera en la parte basal tiene mayor densidad, por lo tanto tiene mayor contracción (Instituto Forestal, 1978).

4.2.8. Contracción radial (%)

Cuadro 26: Promedio de la contracción radial (%) de verde a seco al horno y de verde a seco al aire

	Árbol	Nivel		
		T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
Verde – seco al horno	1	3.322	2.863	2.645
	2	3.260	2.722	2.885
	3	3.026	3.022	2.753
	Prom/nivel	**3.204**	**2.880**	**2.751**
Promedio general		**2.967**		
Verde – seco al aire	1	1.982	1.920	1.716
	2	2.032	1.979	2.031
	3	1.660	1.762	1.793
	Prom/nivel	**1.990**	**1.878**	**1.830**
Promedio general		**1.872**		

En el cuadro 26 se observa el promedio de la contracción radial de la madera en estado verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste. De acuerdo a esto, la contracción radial de verde a seco al horno en el primer nivel o nivel basal (T1 = N1) fue 3.024%, en el segundo nivel o nivel medio (T2 = N2) 2.880% y en el tercer nivel o nivel apical (T3 = N3) 2.751% (figura 14), con un promedio general de 2.967%. Por su parte, la contracción radial de la madera en estado verde a seco al aire en el primer nivel fue 1.990%, en el segundo nivel 1.878 y en el tercer nivel 1.830% (figura 14), con un promedio general de 1.872%.

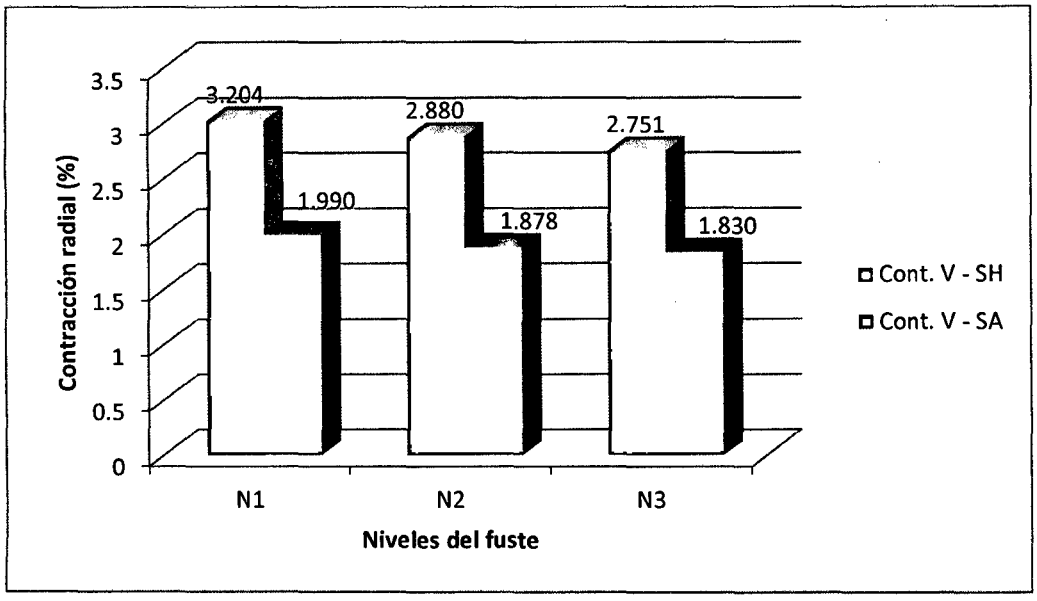


Gráfico 14: Promedio de la contracción radial (%) de verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste

Aróstegui (1982) menciona que la contracción radial en la madera se da en dirección de los radios medulares y esto puede alcanzar hasta 5%. Al comparar los resultados del promedio de la contracción radial de la madera del estado verde a seco al horno y seco al aire encontrados en este trabajo, se constata que éstos valores están en el rango mencionado por el autor.

Cuadro 27: Análisis de variancia de la contracción (%) radial verde - seco al horno por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	5.197	2.599	6.34	0.002	**
Error	133	54.513	0.410			
Total	135	59.710				

En el cuadro 27 se observa el análisis de variancia de la contracción radial de la madera en condición verde a seco al horno por niveles de fuste, dando como resultado la existencia de diferencia altamente significativa entre la contracción radial verde – seco al horno por niveles de fuste. Esto quiere decir, que al menos la contracción de uno de los niveles se diferencia de los otros dos en cuanto a la contracción radial verde a seco al horno, el cual se pasa a ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 28: Prueba de medias (Tukey) de la contracción radial (%) verde – seco al horno por niveles de fuste

Tratamientos	T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
Promedios	3.204	2.880	2.751
	A		
		B	B

De acuerdo al cuadro 28 (prueba de Tukey), existe diferencia entre la contracción radial verde – seco al horno del nivel basal con respecto al nivel medio y nivel apical, mientras que entre la contracción del nivel medio y apical no existe diferencia significativa. Esto quiere decir, que la contracción radial del nivel basal es mayor al nivel medio y apical.

Al igual que en la contracción tangencial, la contracción radial en la parte basal es mayor que en la parte medio y superior del tronco porque la madera en esta parte tiene mayor densidad, por lo tanto tiene mayor contracción (Instituto Forestal, 1978)

Cuadro 29: Análisis de variancia de la contracción radial (%) verde - seco al aire por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	0.115	0.057	0.34	0.712	NS
Error	133	22.348	0.168			
Total	135	22.462				

En el cuadro 29 se observa el análisis de variancia de la contracción radial de la madera en condición verde a seco al aire por niveles de fuste, dando como resultado la no existencia de diferencia significativa entre la contracción radial verde – seco al aire por niveles de fuste. Esto quiere decir, la contracción radial es similar en todos los niveles del fuste.

4.2.9. Contracción longitudinal (%)

Cuadro 30: Promedio de la contracción longitudinal (%) de verde a seco al horno y de verde a seco al aire

	Árbol	Nivel		
		T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
Verde – seco al horno	1	0.240	0.183	0.204
	2	0.257	0.217	0.330
	3	0.100	0.106	0.149
	Prom/nivel	**0.201**	**0.164**	**0.216**
Promedio general		**0.194**		
Verde – seco al aire	1	0.116	0.068	0.118
	2	0.143	0.101	0.215
	3	0.083	0.105	0.105
	Prom/nivel	**0.116**	**0.092**	**0.139**
Promedio general		**0.116**		

En el cuadro 30 se observa el promedio de la contracción longitudinal de la madera en estado verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste. De acuerdo a esto, la contracción longitudinal de verde a seco al horno en el primer nvel o nivel basal (T1 = N1) fue 0.201%, en el segundo nivel o nivel medio (T2 = N2) 0.164% y en el tercer nivel o nivel apical (T3 = N3) 0.216% (figura 15), con un promedio general de 0.194%. Por su parte, la contracción longitudinal de la madera en estado verde a seco al aire en el primer nivel o nivel basal fue 0.116%, en el segundo nivel o nivel medio 0.092 y en el tercer nivel o nivel apical 0.139% (figura 15), con un promedio general de 0.116%.

Los promedios de la contracción longitudinal de la madera del estado verde a seco al horno y seco al aire están en el rango del encontrado por Aróstegui (1982), quien menciona que la contracción radial alcanza hasta 0.3%

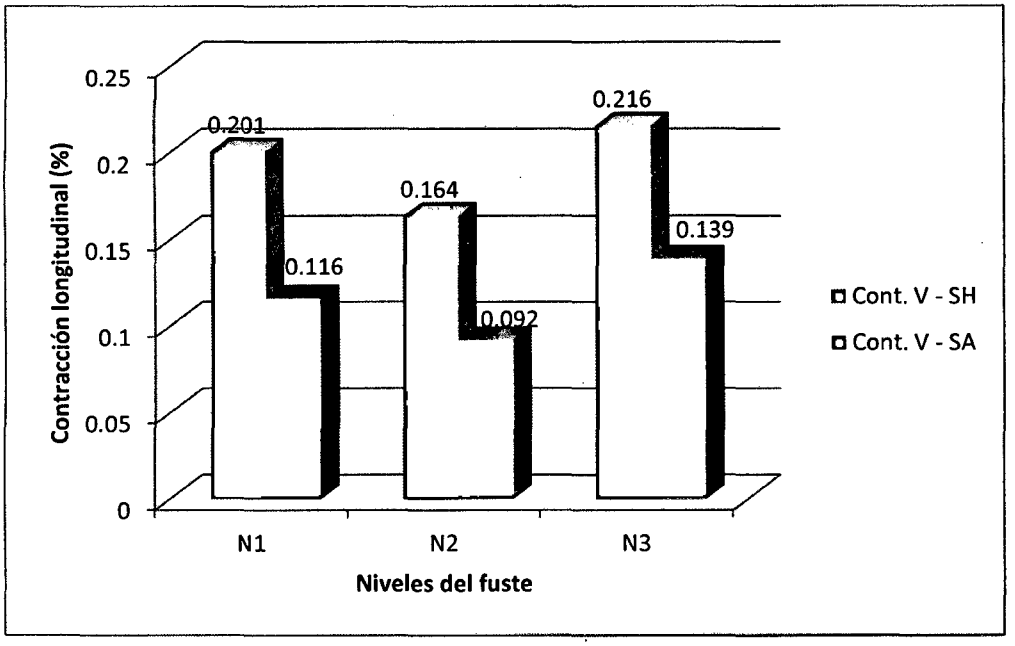


Gráfico 15: Promedio de la contracción longitudinal (%) de verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste

Cuadro 31: Análisis de variancia de la contracción longitudinal (%) verde - seco al horno por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	0.0605	0.0303	1.66	0.195	NS
Error	133	2.4281	0.0183			
Total	135	2.4886				

En el cuadro 31 se observa el análisis de variancia de la contracción longitudinal de la madera en condición verde a seco al horno por niveles de fuste, dando como resultado la no existencia de diferencia significativa entre la contracción longitudinal verde – seco al horno por niveles de fuste. Esto quiere decir, la contracción longitudinal en esta condición es similar en todos los niveles del fuste.

Cuadro 32: Análisis de variancia de la contracción longitudinal (%) verde - seco al aire por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	0.04516	0.02258	2.40	0.094	NS
Error	133	1.24979	0.00940			
Total	135	1.29495				

En el cuadro 31 se observa el análisis de variancia de la contracción longitudinal de la madera en condición verde a seco al aire por niveles de fuste, dando como resultado la no existencia de diferencia significativa entre la contracción longitudinal verde – seco al aire por niveles de fuste. Esto quiere decir, la contracción longitudinal en esta condición es similar en todos los niveles del fuste.

4.2.10. Contracción volumétrica (%)

Cuadro 33: Promedio de la contracción volumétrica (%) de verde a seco al horno y de verde a seco al aire

	Árbol	Nivel		
		T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
Verde – seco al horno	1	9.633	9.274	8.225
	2	9.435	8.066	7.706
	3	9.463	8.801	8.688
	Prom/nivel	**9.504**	**8.720**	**8.266**
Promedio general		**8.889**		
Verde – seco al aire	1	5.255	4.751	4.758
	2	5.536	5.220	5.247
	3	4.733	4.701	4.833
	Prom/nivel	**5.193**	**4.877**	**4.919**
Promedio general		**5.013**		

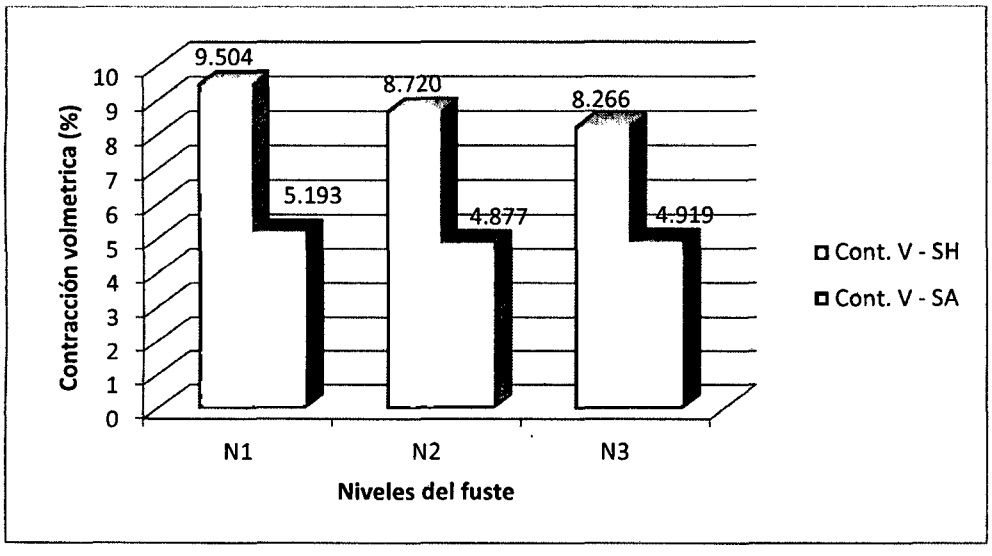


Gráfico 16: Promedio de la contracción volumétrica (%) de verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste

En el cuadro 33 se observa el promedio de la contracción volumétrica de la madera en estado verde a seco al horno y de verde a seco al aire por niveles de fuste. De acuerdo a esto, la contracción volumétrica de verde a seco al horno en el primer nivel o nivel basal (T1 = N1) fue 9.504%, en el segundo nivel o nivel medio (T2 = N2) 8.720% y en el tercer nivel o nivel apical (T3 = N3) 8.266% (figura 16), con un promedio general de 8.889%. Por su parte, la contracción volumétrica de la madera en estado verde a seco al aire en el primer nivel o nivel basal fue 5.193%, en el segundo nivel o nivel medio 4.877 y en el tercer nivel o nivel apical 4.919% (figura 16), con un promedio general de 5.013%.

Cuadro 34: Análisis de variancia de la contracción volumétrica (%) verde - seco al horno por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	37.12	18.56	12.26	0.000	**
Error	133	201.32	1.51			
Total	135	23844				

En el cuadro 34 se observa el análisis de variancia de la contracción volumétrica de la madera en condición verde a seco al horno por niveles de fuste, dando como resultado la existencia de diferencia significativa entre la contracción volumétrica por niveles de fuste. Esto quiere decir, que al menos la contracción de uno de los niveles se diferencia de los otros dos en cuanto a la contracción volumétrica verde a seco al horno, el cual se pasa a ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 35: Prueba de medias (Tukey) de la contracción volumétrica (%) verde – seco al horno por niveles de fuste

Tratamientos	T1 = N1 (Nivel basal)	T2 = N2 (Nivel medio)	T3 = N3 (Nivel apical)
Promedios	9.504	8.720	8.266
	A		
		B	B

De acuerdo al cuadro 35 (prueba de Tukey), existe diferencia entre la contracción volumétrica verde – seco al horno del primer nivel o nivel basal (T1 = N1) con respecto al del segundo o nivel medio (T2 = N2) y del tercer nivel o nivel apical (T3 = N3), mientras que entre la contracción del segundo y tercer nivel no existe diferencia significativa. Esto quiere decir, que la contracción radial del nivel basal es mayor al nivel medio y apical.

De acuerdo al promedio general de la contracción volumétrica de la madera en estado verde a seco al horno, cuyo valor fue de 8.889%, el cual está en el rango de 7.0 – 10.0%, reportado por Aróstegui (1982) quien dice que la contracción volumétrica de la madera que se encuentra en este rango está clasificada como **contracción baja**

Cuadro 36: Análisis de variancia de la contracción volumétrica verde - seco al aire por niveles de fuste

F. V	GL	SC	CM	Fc	P value	Significancia
Tratamientos	2	2.864	1.432	2.84	0.062	NS
Error	133	66.944	0.503			
Total	135	69.808				

En el cuadro 36 se observa el análisis de variancia de la contracción volumétrica de la madera en condición verde a seco al aire por niveles de fuste, dando como resultado la no existencia de diferencia significativa entre la contracción por niveles de fuste. Esto quiere decir, la contracción volumétrica en esta condición es similar en todos los niveles del fuste.

4.2.11. Relación de la contracción tangencial / contracción radial

Cuadro 37: Relación de la contracción tangencial / contracción radial por niveles de fuste

Niveles	Relación: CT/CR
T1 = N1 (Nivel basal)	1.98
T2 = N2 (Nivel medio)	2.03
T3 = N3 (Nivel apical)	1.99
Prom.	**2.00**

En el cuadro 37 se observa la relación de la contracción tangencial/contracción radial por niveles de fuste. Así se tiene que en primer nivel o nivel basal (T1 = N1) se encontró una relación de 1.98, en el segundo nivel o nivel medio (T2 = N2) 2.03 y en el tercer nivel o nivel apical (T3 = N3) una relación de 1.99, con un promedio general de 2.00

Rodríguez F. (2006) menciona que para efectos prácticos, el valor más utilizado es el de la relación T/R, cuyo resultado no debe superar ciertos límites para considerar su aptitud de aplicación. La relación T/R determina el grado de estabilidad de la madera. Si $T/R < 1$ madera estable; si $1 \leq T/R \leq 2$ madera medianamente estable y si $T/R > 2$ madera poco estable.

De acuerdo a esta relación la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam. es medianamente estable en el secado, esta labor hay hacerlo de una forma correcta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

1. En forma general la especie ***Guazuma ulmifolia*** **Lam,** de la zona del CICFOR – MACUYA, es una madera de bajo contenido de humedad, densidad media, peso específico medio y de contracción baja y madera medianamente estable al secado.
2. Los valores de las propiedades físicas encontrados son contenido de humedad saturado de 51.31 % y contenido de humedad seco al aire de 13.78 %.
3. Los mayores valores de la densidad se encontraron siempre en el primer nivel del fuste, seguido de la densidad del nivel apical. Los promedios de la densidad saturada fue 0.64 g/cm3, la densidad seca al aire 0.50 g/cm3, densidad seca al horno 0.46 g/cm3 y la densidad básica 0.42 g/cm3. Por su parte el promedio del peso específico seco al aire fue 0.44
4. A diferencia de la contracción longitudinal de la madera en condición inicial a seca al horno, la contracción tangencial, radial y volumétrica varía en forma inversa a la variación del nivel del fuste del árbol. Los promedios de la contracción de inicial a seco al aire son: tangencial 5.92%, radial 2.97%, longitudinal 0.19% y volumétrico 8.89%.
5. En la contracción de la madera verde a seco al horno, en la radial y volumétrico, la variación de la contracción varía en forma inversa al nivel del fuste del árbol; mientras que en la tangencial y longitudinal, el menor valor se encontró en el nivel medio. Los promedios de la contracción de la madera verde a seco al aire son: tangencial 3.10%, radial 1.87%, longitudinal 0.12% y volumétrico 5.01%
6. El promedio de la relación de la contracción tangencial/contracción radial fue de 2.00, el cual indica que es una madera medianamente estable al secado.

5.2. Recomendaciones

1. Para el secado artificial de esta especie se recomienda usar un programa de secado moderado por presentar una relación T/R de 2.0.
2. Establecer un sistema de clasificación de trozas destinando cada sección del fuste del árbol a un determinado uso según sus características, para su mejor aprovechamiento en la industria.
3. De acuerdo a su densidad, la madera de esta especie se le puede usar en carpintería, mueblería, molduras, forros interiores y exteriores, zócalos, rodones, tapamarcos.
4. Es necesario estudiar las propiedades mecánicas de la madera de esta especie para saber qué otros usos se le puede dar.
5. Por la presencia de una irregular distribución de anillos de crecimiento se recomienda usar piezas con mayor dimensión en lo que a su sección transversal se refiere y así evitar que se generen defectos de forma y de estructura, durante la pérdida del contenido de humedad (secado).

BIBLIOGRAFIA.

1. ACEVEDO, M.; KIKATA, Y. 1994. Atlas de Maderas del Perú. Lima: Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina: Universidad de Nagoya Japón. 202 p.

2. AREVALO, H. 2002. Estudios de las propiedades físicas y características anatómicas, a nivel macroscópico de la *Simarouba amara* Aubl (marupa). Pucallpa.

3. ARROYO, J. 1983. Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera, Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela 186 p.

4. AROSTEGUI, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Lima – Perú. PNUD / FAO / PER/ 81 / 002. 57p.

5. CARPIO, I. M. 1992. Maderas de Costa Rica 150 especies forestales. San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica. 338 p

6. CATIE, 1986. Guacimo *Guazuma ulmifolia* Especie de árbol de uso múltiple en América central. CATIE, Serie Técnica: Informe Técnico N° 165. Turrialba, Costa Rica. 71 p.

7. DANIEL, T. W, J. A, HELMS, Y F. S. BAKER. 1982. Principios de silvicultura. Mc. Graw – Hill. Mexico. 492. p.

8. EDICIONES DON BOSCO, 1965. Tecnología de la madera. 5ta Edición. Barcelona – España. 11 p. – 530 p.

9. EDITORIAL BLUME, 1980. La madera. Barcelona – España. 273 p.

10. FREYTAG, G.F. 1951. A revision of the genus *Guazuma*. Ceiba (Hond.) 1(4): 193-225 p.

11. GRIGORIEV, A. 1985. Estudio de materiales para ebaristas y carpinteros. Editorial. MIR. Moscú. 247 p.

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

13. HOLDRIDGE, D. 1982. Ecología basada en zonas de vida. 159 p.

14. IAWA 1989. List of microscopic features for hardwood identification. International Association of Woods Anatomist. IAWA Bull. n. s. Vol. 10: 217 – 332.

15. INIA-OIMT. 1996. Manual de identificación de especies forestales de la Sub region Andina. INIA Editores. Lima, Perú. 306 p.

16. INSTITUTO FORESTAL. (1978). Construcción en madera: Madera, estructura y propiedades I. F. Chile. 24 p.

17. ISTAS, J.R. 1963. Experimentation d´ une nouvelle methode de recherche pour l´ estude papetiére d´ un Foret Tropicale heterogéne. France C.T.F.T 113 P.

18. KOLLMAN, F. 1959. Tecnología de la Madera y sus aplicaciones. Tomo I – Traducción de la 2da Edición. Ministerio de Agricultura – Instituto Forestal de Investigaciones. Experiencias y Servicios de la Madera. Madrid. – 647 p.

19. KORT, I. 1993. Relationships between sapwood amount, latewood percentage, moisture content and crown vitality of Douglas Fir, Pseudotsuga menziesii. IAWA Journal. 14: 413 – 427 p.

20. LEON H., W. & N. ESPINOZA de P. 2001. Descripción macroscópica y clave para la identificación de 73 maderas dicotiledóneas de la Reserva Forestal de Caparo, estado Barinas. Cuaderno de Comodato N° 24. Comodato ULA- MARNR Mérida. 80 p.

21. LITTLE JUNIOR; E.L. 1984. A collection of tree specimens from western Ecuador. Caribbean Foresters (P.R.) 9(3): 215-298 p.

22. LITTLE JUNIOR, E.L; DIXON, R.G. 1969. Árboles comunes de la provincia la Esmeralda. Estudio de pre-inversión para el desarrollo forestal del Nor occidente, Ecuador, informe final. Roma, FAO. V.4 p. 373-375.

23. LLUNCOR, D. 2012. Estudio de la estructura anatómica de diez especies de bosques secundarios y primarios remanentes (en línea): AIDER, (http://www.aider.com.pe/pdf/Informe%20tecnico%20estructura%20anatomica.pdf, 22 Nov. 2012).

24. MORA, J. 1983. Propiedades físico mecánicas de la Madera. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Publicaciones. Mérida. 50 p.

25. NOTIVO, E y PARDOS, J. 1992. Una metodología para la estimación d la densidad de la Madera de árboles en pie y su grado de variabilidad en *Pinus pinaster* Air. Instituto Nacional de Investigación y Tecnologia Agraria y Alimentaria. España. Vol 1 (1). 47 p.

26. JUNAC. 1984. La madera como material de construcción. Manual de diseño para madera de grupo andino. PADT – REFORT. 2da edición. Lima – Perú. 47 p

27. JUNAC. 1989. Manual del grupo andino para el secado de Madera. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima – Perú.

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

29. REYNEL, C., PENNINGTON, R. T., PENNINGTON, T. D., FLORES, C., DAZA, A. 2003. Árboles Útiles de la Amazonia Peruana (En Línea).slideshare, (http://www.slideshare.net/educator23013/arboles-utiles-de-la-amazonia-peruana, 22 Enero. 2013)

30. RODRÍGUEZ, F. 2006. Propiedades y acondicionamiento de la madera. Consultado el 03 de Agosto del 2009. Disponible en: http://www.todomiel.com.ar/notas/talleres/articulo_talleres.php?get_nota_id=271&get_nota_titulo=Propiedades-y-condicionamiento-de-la-madera

31. SAINT GERMAIN, J. 1963. Le papetiere. París Hachete. 64 p.

32. SCHWEINGRUBER. 1988. Tree rings – basics and applications of dendrochronology. Kluwer Academic Publishers. 276 p.

33. SOTO, T. 1982. Apuntes de propiedades físicas de la Madera. Iquitos – Perú. UNAP. 41 p.

34. TAQUIRE, A. 1987. Variación de las propiedades físicas y comportamiento al cepillado, moldurado, taladrado y lijado de *Guazuma crinite* Mart. (bolaina blanca) en Pucallpa.

35. TEXEIRA, A. 1997. Densidad Básica de Madera de Pinus caribea var. hondurensis proveniente del cerrado: Relacao radial e axial. Rev. Arv. 21 (4): 547 – 554 p.

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

37. Vignote P. S Jiménez P. F. 1996.Tecnología de la Madera Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 283 – 299 p

38. WILSON, K. Y WHITE, D. 1986. The anatomy of woods: is diversity and variability. Stobart & Son LTD. London. 330 p.

39. WRIGHT, J. A. y L. F. OSORIO. 1992. Results of provenance and family within provenance trials of *Pinus Tecunumanii* in Colombia, Sounth America. For. Ecol. And Manag. 55: 107-116. p.

40. ZOBEL, B. Y TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles Forestales. Limusa. Mexico. 545 p.

41. ZOBEL, B. 1964. Mejora genética de las propiedades de la Madera de especies forestales. *Unasylva,* 64: 89 – 103 p.

ANEXO

ANEXO 1: Rodajas de los árboles en estudio

Algunas de las rodajas fueron invertidas de lado, en busca de la mejor toma fotográfica, por lo que los puntos cardinales norte y sur.

- Árbol 1 (base)



Grafico 17. Rodaja del nivel inferior



Grafico 18. Rodaja del nivel medio



Grafico 19. Rodaja del nivel superior

- Árbol 2 (superior)

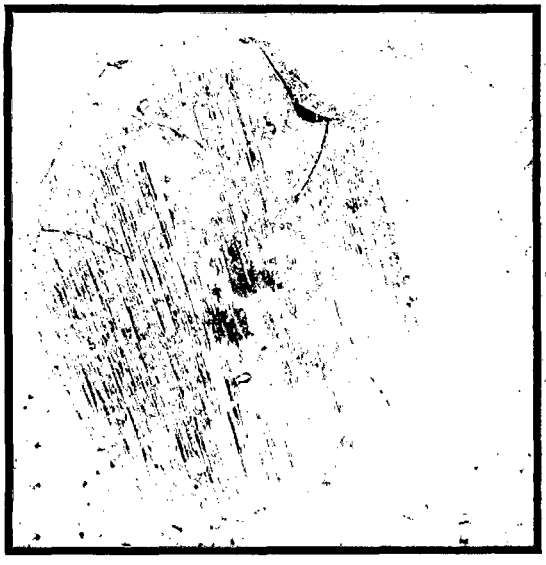


Grafico 20. Rodaja del nivel inferior

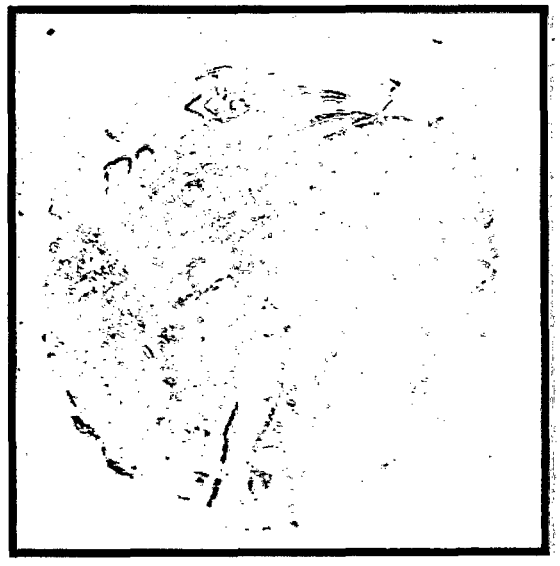


Grafico 21. Rodaja del nivel medio



Grafico 22. Rodaja del nivel superior.

- Árbol 3 (intermedio)



Grafico 23. Rodaja del nivel inferior

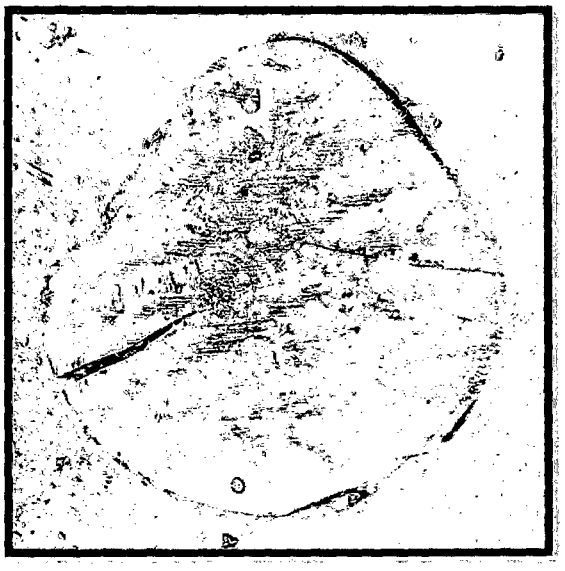


Grafico 24. Rodaja del nivel medio



Grafico 25. Rodaja del nivel superior

ANEXO 2

Características generales de la especie de Guazuma ulmifolia Lan. de la zona CICFOR – MACUYA.

- Altura total promedio: 15 cm
- DAP promedio: 17 cm
- Copa: globosa
- Fuste: cilíndrico con secciones rectas y otras torcidas.
- Corteza: lisa, escamosa y exfoliante.
- Hojas: alternas, cortamente pecioladas, de ovadas o oblongo lanceoladas.
- Fruto: capsula subglubosa elipsoide, de aspecto verrugoso.

Relaciones intersespecificas

Achiote caspi

Retama negra

Lengua de diablo

Palometa huayo

Caucho masha

Yacushapana amarilla

Oje

Hualaja amarilla

Peine de mono

Ojecillo

Lupuna blanca

Piñaquiro colorada