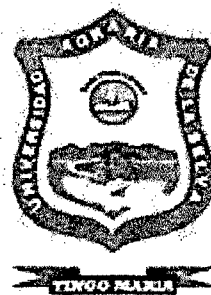


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**



**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS DENSIDADES ENTRE ÁRBOLES Y
NIVELES DEL FUSTE DE BOLAINA (*Guazuma crinita* C. Martius) EN LA
ZONA DE TINGO MARÍA – PERÚ**

Tesis

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES**

ROCÍO SEGURA GONZALES

PROMOCIÓN 2011- II

Tingo María – Perú

2012



K50

S36

Segura Gonzáles, Rocío

Evaluación comparativa de las densidades entre árboles y niveles de fuste Bolaina (*Guazuma crinita* C. Martiusf) en la zona de Tingo María - Perú. 2012

58 páginas; 5 cuadros; 3 fgrs.; 30 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

- | | | |
|-----------------------|---------------------------|-------------------|
| 1. DENSIDAD | 2. GUAZUMA CRINITA | 3. HUMEDAD |
| 4. COMPARACIÓN | 5. FUSTE | 6. VOLUMEN |



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS


Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 10 de Julio del 2012, a horas 10:05 a.m. en el Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS DENSIDADES ENTRE ÁRBOLES Y NIVELES DE FUSTE DE *Guazuma crinita* “BOLAINA” EN LA ZONA DE TINGO MARÍA – PERÚ”

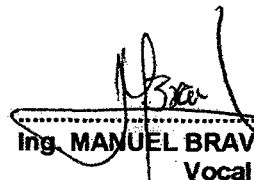
Presentado por la **Bachiller: ROCÍO SEGURA GONZÁLES**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “MUY BUENO”.

En consecuencia la sustentante queda apta para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

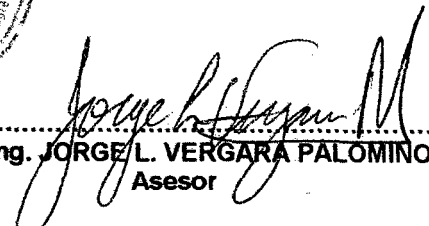
Tingo María, 17 de Agosto del 2012


.....
Ing. M.Sc. RICARDO OCHOA CUYA
Presidente




.....
Ing. MANUEL BRAVO MORALES
Vocal


.....
Ing. M.Sc. CASIANO AGUIRRE ESCALANTE
Vocal


.....
Ing. JORGE L. VERGARA PALOMINO
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por ser la fuente de sabiduría y
bondad infinita que me acompaña
cada día.

A mis padres Victor Reynaldo
SEGURA CÓRDOVA y María
GONZALES DÍAZ por su inmenso
amor, dedicación y entrega brindada
durante todo este tiempo para ser
cada día mejor.

A mis hermanos Romer, Richard,
Karina, y Lina; porque sin ellos no
podría haber cumplido este logro y
sueño.

AGRADECIMIENTO

Durante mi formación profesional, personal y elaboración del presente trabajo de investigación, he recibido el valioso consejo y apoyo incondicional de varias personas, a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento a todas ellas.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

En particular agradecer a los Ing. Ricardo OCHOA CUYA; Manuel BRAVO MORALES y Jorge VERGARA PALOMINO, quienes me ofrecieron su invaluable asesoramiento en la presente investigación. Gracias por su paciencia, empeño y confianza.

A mis amigos Frits PALOMINO VERA, Reydelinda REÁTEGUI GUERRA, Marlon TABOADA SÁNCHEZ, Deyni CHUNG SALDAÑA, por su incondicional apoyo y valor mostrado en el desarrollo de la investigación durante la fase de campo.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Densidad.....	3
2.1.1. Densidad y peso específico.....	5
2.2. Contenido de humedad.....	10
2.2.1. Agua libre o capilar.....	13
2.2.2. Agua ligada o de impregnación.....	14
2.2.3. Agua de constitución química.....	14
2.3. Método para determinar la densidad de la madera.....	15
2.3.1. Algunas definiciones (NTP, 2004).....	16
2.4. Características generales de <i>Guazuma crinita</i> C. Martius.....	17
2.4.1. Taxonomía de la especie.....	17
2.4.2. Características de la madera de <i>Guazuma crinita</i>	17
2.4.3. Características tecnológicas y físicas.....	18
2.4.4. Aserrío y secado.....	18
2.4.5. Utilidad.....	19

2.5. Antecedentes sobre estudios similares	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Lugar de ejecución	27
3.2. Materiales y equipos	28
3.2.1. Material biológico	28
3.2.2. Material de campo	28
3.2.3. Material de laboratorio	29
3.2.4. Equipos de campo	30
3.3. Metodología	30
3.3.1. Fase de campo	31
3.3.2. Fase de laboratorio	32
3.4. Análisis estadístico	34
3.4.1. Análisis de varianza	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Análisis de varianza de los niveles del fuste y entre árboles para la densidad saturada, anhidra y básica	37
4.2. Comparación de promedios en los niveles del fuste para la densidad saturada, anhidra y básica	40

4.3. Comparación de promedios en cinco árboles para la densidad saturada, anhidra y básica	45
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. RECOMENDACIONES	51
VII. ABSTRACT	52
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Clasificación de la madera según la densidad básica	9
2. Análisis de varianza (ANVA)	35
3. Análisis de varianza de la densidad saturada, anhidra y básica (g/cm ³), por niveles del fuste en cinco árboles	38
4. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha = 0.05$) para promedios de densidad saturada, anhidra y básica (g/cm ³) por cada nivel del fuste.....	41
5. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha = 0.05$) para promedios de densidad saturada, anhidra y básica (g/cm ³) de cinco árboles	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Esquema de los factores evaluados.....	35
2.	Promedios de la densidad saturada, anhidra y básica (g/cm ³) por cada nivel del fuste.	42
3.	Promedios de la densidad saturada, anhidra y básica (g/cm ³) en cinco árboles.	47
4.	Tala de los árboles para la investigación.	59
5.	Corte de la base del fuste.	59
6.	Medición del fuste para cortar las trozas.	60
7.	Corte del fuste en trozas.	60
8.	Codificación de trozas.	61
9.	Aserrío de trozas para la obtención de cuartones orientados.	61
10.	Aserrío con cierra de disco del cuartón para la obtención de probetas.	62
11.	Aserrío del cuartón para elaborar probetas.....	62
12.	Ancho y espesor de las probetas.	63
13.	Secado de las probetas en estufa.....	63

14.	Colocación de probetas en desecador.....	64
15.	Parafinado de probetas.....	64
16.	Determinación del volumen de las probetas.....	65
17.	Determinación del peso de las probetas.....	65

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la variabilidad de la densidad entre los árboles y niveles (base, media y ápice) del fuste de la especie bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.), en Tingo María, Perú, se talaron cinco árboles de bolaina del sector Tulumayo – Shiringal perteneciente al distrito José Crespo y Castillo de la región Huánuco, Perú. Se ha seguido la metodología propuesta según la Norma Técnica Peruana (NTP) número 251.008 para la colección de árboles; 251.009 para la preparación de probetas; 251.010 determinación del contenido de humedad y 251.011 determinación de la densidad. Se ha encontrado en *Guazuma crinita* C. Mart. 0.66 g/cm^3 de densidad saturada, 0.33 g/cm^3 de densidad básica, 0.36 g/cm^3 de densidad anhidra; con diferencia estadística significativa entre niveles del fuste y entre árboles, a excepción de la densidad básica y anhidra que no ha tenido significancia entre los árboles. Además se ha encontrado variación de las densidades desde la base hacia el ápice del fuste, con significancia estadística.

I. INTRODUCCIÓN

La madera es un material complejo, con propiedades y características que dependen no sólo de su composición sino, de su constitución o de la manera en que están colocados u orientados los diversos elementos que la forman. Para el caso de la industria forestal, las propiedades físicas de la madera tienen un rol muy importante, puesto que sus variables se relacionan íntimamente con el proceso, tal como, la densidad, contenido de humedad, etc., quienes influyen en el comportamiento de la madera (ANANIAS 1992).

El contenido de humedad de la madera influye sobre la relación madera - volumen, es decir, es afectado el peso y las dimensiones de la madera; por ello, se conocen distintos tipos de densidad (CUEVAS, 2003). La densidad básica varía considerablemente entre especies, entre árboles y dentro de árboles individuales (DOWNES *et al.*, 1997). Esta variación se debe tanto a factores propios de cada especie como a las interacciones con el medio ambiente (ZOBEL y JETT, 1995). Las características de la madera como: tipos de células, diámetros de lúmenes y espesor de las paredes celulares, así como el contenido de extraíbles, entre otras, también inciden en la variación de esta propiedad (DOWNES *et al.*, 1997).

En la región Amazónica del país, los trabajos de investigación sobre la densidad de la madera de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) son muy generales, razón por la cual su estudio es necesaria, debido a que esta información es importante dentro de la industria forestal, para facilitar la labor en el proceso de transformación y dar un uso adecuado.

Conocer la densidad de la madera, es un criterio usado para estimar las características de resistencia mecánica de la madera, se emplea también como elemento de juicio para estimar la cantidad de material leñoso de una especie. Se puede usar como estimador de la facilidad con que se deja trabajar la madera como cortar, cepillar, moldurar, etc. Frente a ello surge la interrogante ¿La densidad básica en la base del fuste en la bolaina blanca será superior a los demás niveles? Respecto a la interrogante se responde que la densidad básica disminuye respecto a la altura del fuste. Bajo este contexto se plantearon los siguientes objetivos siguientes:

- Determinar la densidad saturada entre árboles y niveles del fuste (base, media y ápice) de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.).
- Calcular la densidad anhidra entre árboles y niveles del fuste (base, media y ápice) de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.).
- Determinar la densidad básica entre árboles y niveles del fuste (base, media y ápice) de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Densidad

CHAVE (2006) menciona que, hay muchas definiciones acerca de la densidad de madera. Los forestales miden el peso seco de un determinado volumen de madera (secado con aire, con equipo especializado como estufas). Dependiendo del país, la convención de secado con aire varía: la fracción de agua restante en la muestra de madera puede ser del 12% al 15%. Esta falta de homogeneidad metodológica provoca confusiones en la literatura científica. Para esta investigación se considera la densidad de la madera como el cociente entre el la masa del material seco con estufa, dividido por la masa del agua desplazada y por su volumen verde (gravedad específica de madera o GSM, WSG en inglés). Este valor requiere de mediciones del peso de la madera seca, combinado con mediciones del volumen verde.

El mismo autor añade que la densidad de madera varía dentro de la planta, durante la vida de la planta y entre individuos de una misma especie. Además, las ramas y las partes exteriores del tronco tienden a presentar densidades de madera más bajas que la médula del tronco.

ANANÍAS (1992) describe que la densidad de la madera expresa la relación entre la masa de los distintos tipos de elementos que forman la

madera y el volumen que ellos ocupan. Como la madera es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la madera el volumen interno de espacios vacíos existentes. El contenido de humedad de la madera influye sobre la relación madera - volumen, es decir, es afectado el peso y las dimensiones de la madera. Por ello, se conocen distintos tipos de densidad, entre ellas destacan la densidad básica y la densidad de referencia. Además la densidad de la madera es un criterio usado para estimar las características de resistencia mecánica de la madera satisfactoriamente. Se emplea también como elemento de juicio para estimar la cantidad de material leñoso de una especie. Se puede usar como estimador de la facilidad con que se deja trabajar la madera (cortar, cepillar, moldurar, etc.). Normalmente las maderas de mayor densidad presentan una mejor resistencia mecánica y una mayor cantidad de material leñoso, pero se dejan trabajar y tratar con mayor dificultad.

La densidad es el cociente entre la masa y el volumen de la madera, la cual varía con la humedad, es decir, cuando la humedad crece, la densidad también crece. La densidad de las maderas es muy variables, de forma particular las coníferas más utilizadas en la construcción tienen una densidad comprendida entre 400 y 550 kg/m³ y las frondosas entre 600 y 700 kg/m³. Según su densidad se pueden clasificar en: muy ligera, ligera, semipesadas, pesada, muy pesada. De la densidad depende en gran parte el comportamiento de la madera, su adaptabilidad a eventuales tratamientos y modificaciones, así como la posibilidad de utilización que ofrece (CUEVAS, 2003).

La JUNAC (1981), citado por SILVA (2005), sostiene que la densidad o peso específico de un cuerpo es la relación que existe entre su peso y su volumen. Esta relación viene expresada en kilos partidos por decímetros cúbicos; o toneladas partidos por metros cúbicos. En las maderas hay que distinguir la densidad absoluta y la aparente. La absoluta es sensiblemente constante, por ser el peso sin huecos de la celulosa y sus derivados, que constituyen la materia leñosa. Sin embargo, la aparente que comprende los vasos y poros de la madera, es muy variable, pues depende del grado de humedad de las maderas.

2.1.1. Densidad y peso específico

La relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo se llama densidad. El peso de la madera es la suma del peso de la parte sólida más el peso del agua. El volumen de la madera es constante cuando está en estado verde, el volumen disminuye cuando el CH es menor que el PSF y vuelve a ser constante cuando ha alcanzado el estado anhidro o seco al horno. Se pueden distinguir en consecuencia cuatro densidades para una misma muestra de madera.

- La densidad verde (DV) la relación que existe entre el peso verde (PV) y el volumen verde (VV).
- La densidad seca al aire (DSA) la relación que existe entre el peso seco al aire (PSA) y el volumen seco al aire (VSA).

- La densidad anhidra, (DA) la relación entre peso seco al horno (PSH) y el volumen seco al horno (VSH).
- La densidad básica (DB) la relación entre el peso el peso seco al horno (PSH) y el volumen verde (VV). Es la menor de las cuatro. La densidad básica es la que se usa con ventaja ya que las condiciones en las que se basa (peso seco al horno y volumen verde) son estables en una especie determinada.

El peso específico es el cociente entre el peso anhidro de una pieza de madera y el peso del volumen de agua desalojada por dicha pieza, a un contenido de humedad dado. Ya que se trata de un cociente entre dos dimensiones iguales. La densidad y el peso específico son numéricamente iguales en condiciones anhidras, siempre que la primera se exprese en el sistema C.G.S. conforme el contenido de humedad aumenta la densidad se hace mayor que el peso específico (ALVAREZ, 1992).

Para Fachin (1986), citado por ALVAREZ (2009) bajo ciertas consideraciones se entiende que a mayor contenido de humedad en el árbol, la madera que lo constituye posee las células con un lumen más amplio y paredes delgadas, como consecuencia determina una densidad básica menor o viceversa. Se puede considerar que las maderas con mayor densidad contienen más agua higroscópica que las de menor densidad y por eso las de mayor densidad tienen mayor contracción que las de menor densidad (DÍAZ, 2005).

Fachin (1986), citado por ALVAREZ (2009) ha podido establecer que la variabilidad de la madera está influenciada por diversos factores internos tales como, cambios en el cambium con respecto a la edad, herencia genética que influye en la forma y crecimiento de los árboles, Tusset y Duran (1979), citados por TORRES (2009) agregan que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

2.1.1.1. Densidad básica de la madera

La COORPORACION CHILENA DE LA MADERA (2003) afirma que la densidad básica relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30%. La densidad de un cuerpo es el coeficiente formado por masa y volumen. En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera. La densidad varía ampliamente entre diferentes especies y tipos de madera.

Esta propiedad es considerada como uno de los mejores parámetros de calidad, debido a que muchas propiedades físicas y mecánicas de la madera están en función de ella. Además, este parámetro es importante para los procesos de conversión mecánica (aserrío, debobinado, cepillado, etc.), conversión química (pulpa y papel) y tratamientos de la madera como

secado, impregnación, aplicación de barnices y pinturas (INFOR - CORFO, 1989; citado por TORRES, 2009).

La densidad básica varía considerablemente entre especies, entre árboles y dentro de árboles individuales (DOWNES *et al.*, 1997). Esta variación se debe tanto a factores propios de cada especie como a las interacciones con el medio ambiente (ZOBEL y JETT, 1995). Las características de la madera como: tipos de células, diámetros de lúmenes y espesor de las paredes celulares, así como el contenido de extraíbles, entre otras, también inciden en la variación de esta propiedad (DOWNES *et al.*, 1997).

Conocer los patrones de variación de la densidad básica, es importante para definir la utilización más adecuada de la madera (Tomazello, 1985; citado por TORRES, 2009), y además, para conocer el grado de homogeneidad de la materia prima que se entrega a la industria forestal maderera (QUILHÓ *et al.*, 2006). Es por ello, que durante estas últimas décadas, las estrategias de muestreo no destructivo para la predicción de la densidad básica promedio del fuste, han adquirido gran relevancia (DOWNES *et al.*, 1997), ya que éstas, han permitido simplificar la evaluación y comparación entre árboles, así como entre plantaciones (IGARTÚA *et al.*, 2003).

Cuando la madera está seca, su densidad indica la cantidad aproximada de espacios libres (cavidades celulares) disponibles para contener líquidos, en consecuencia, cuando mayor es la amplitud de estas cavidades

celulares (lúmenes) menor será su densidad y mayor la absorción que pueda lograrse en la madera (Aróstegui, 1984; citado por GALLO, 2009).

Las especies relativamente densas son duras y fuertes, debido a que contienen gran parte de sustancias (lignina, taninos, resinas, sílice, etc.) en la pared celular (ALVAREZ y FERNANDEZ, 1992).

Cuadro 1. Clasificación de la madera según la densidad básica.

Grupo	Rango (g/cm ³)	Clasificación
I	Menos de 0.30	Muy baja (MB)
II	De 0.31 a 0.40	Baja (B)
III	De 0.41 a 0.60	Media (M)
IV	De 0.61 a 0.80	Alta (A)
V	Más de 0.81	Muy alta (MA)

Fuente: VIZCARRA (1998).

Grigoriev (1985), citado por SILVA (2005) asegura que cualquier aumento en el contenido de humedad podría incrementar la masa de la madera en una tasa mayor que la de su volumen, un aumento en el contenido de humedad ocasionaría una densidad muy elevada. La densidad de la madera tiene influencia sobre las propiedades mecánicas, como resistencia a la flexión, dureza entre otras, es decir, que cuanto más densa sea la madera, más difícil será secarla. VIZCARRA (1998) dice que el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su

densidad básica (DB), debido a su importancia en el uso y a su relación con la resistencia mecánica.

2.2. Contenido de humedad

Pérez (1983), citado por TORRES (2009) y CUEVAS (2003) afirman que en un árbol recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate. Las maderas livianas por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas. De igual manera, la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un mayor contenido de humedad que el duramen. Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol.

El contenido de humedad (CH) “la masa de agua contenida en una pieza de madera, expresada como porcentaje de la masa de la pieza anhidra”. El peso anhidro es el peso que se obtiene cuando se coloca la madera en una estufa a 100 ó 102 °C, hasta que se obtiene un peso constante. Cuando el CH es modificado, existirán variaciones dimensionales, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera. El CH influye en la capacidad mecánica, es decir a menor CH bajo el punto de saturación de las fibras (PSF, que corresponde a la eliminación total del agua libre del interior de las células y las paredes celulares permanecen saturadas, 28 – 30% de CH), en general aumenta la capacidad mecánica, es decir se incrementa la

resistencia de la madera, y a partir del PSF, un aumento en el CH no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

Los modelos existentes para determinar el CH son los métodos de, pesada, destilación y el empleo de medidores eléctricos. El método de secado en estufa o pesada, es el más exacto y confiable, excepto cuando se emplea algunas maderas que contienen un porcentaje de sustancias volátiles, ya que en este caso se debe utilizar otro proceso. Este método tiene desventajas, puesto que es destructivo, teniendo que cortar la madera que se desea estudiar y la obtención de resultados no es inmediata, porque el tiempo mínimo requerido dependerá de la evaporación total de humedad de la madera (DÍAZ, 2005).

Grigoriev (1985), citado por SILVA (2005) manifiesta que el CH tiene importancia en la utilización de la madera, ya que influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductibilidad térmica y acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad. La madera está constituida por los elementos anatómicos, cuyas paredes están formadas por un material absorbente, contiene agua bajo tres formas: como agua libre llenando la cavidad celular; como agua higroscópica, infiltrada en las paredes celulares y como agua de constitución, formando parte integral de la estructura molecular. El estado de la madera cuando se ha evaporado toda el agua libre y comienza a perder el agua higroscópica, se conoce como el punto de saturación de las fibras. El contenido de humedad de la madera por debajo de este estado influye en forma significativa en las propiedades físicas y

mecánicas. La determinación del contenido de humedad en la madera se hace teniendo en cuenta solo los valores del agua libre y de saturación, es decir que comercialmente la madera estará seca o anhidra al 6% de humedad, que es el valor del agua de constitución química.

CARTAGENA (2000) añade que el agua es importante cuantitativamente, ella constituye el 80 – 90% del peso fresco de muchas plantas herbáceas y más del 50% del peso fresco de las plantas leñosas. Es parte importante del protoplasma, como también de las proteínas y moléculas de lípidos; una reducción en el contenido de agua en estos componentes de la célula, por debajo de un nivel crítico causa cambios en la estructura celular y finalmente la muerte. Unas pocas plantas y órganos de plantas pueden ser deshidratados en condiciones de temperatura ambiental o aún en estufa, como es el caso de algunas semillas, sin perder su viabilidad, pero tienen una marcada reducción en su actividad fisiológica, siempre acompañada por una disminución en el contenido en los tejidos.

Según HERMINIO (2003), el agua en la madera es una de los factores más importantes en la industrialización de ésta, ya que afecta básicamente a la mayoría de los procesos de transformación. Es por esto, que es necesario mantener una diferencia de contenido de humedad homogéneo entre las capas internas de la madera y superficie de la misma. Si en la madera no ocurre esto, se originan en la superficie de la madera tensiones de compresión y en las capas internas de la madera tensiones de tracción. Esta diferencia de humedad entre las capas internas y externas de la madera, es

originada por una ejecución de un ciclo de secado en forma rápida. El resultado que trae esto, se pone de manifiesto, cuando una pieza de madera es reaserrada o cepillada, produciéndose en el momento de corte, la deformación de las piezas resultantes. Es importante también, cumplir con los contenidos de humedad finales debido al uso que tendrá la madera, en su lugar de servicio. Y además, por el peligro que trae transportar la madera con un alto contenido de humedad, ya que se corre el riesgo de que se desarrolle algún tipo de microorganismo destructor de la madera.

El autor añade que el agua contenida en la madera se encuentra bajo diferentes formas (agua libre, agua de saturación y agua de constitución), tal como se describe a continuación.

2.2.1. Agua libre o capilar

Es la parte del agua presente en la madera que se encuentra rellenando el interior de los lúmenes celulares. Su presencia se da cuando el CH es superior al 30%. Es la que da a la madera su condición de verde y es la que ocupa las cavidades celulares (ÁLVAREZ y FERNÁNDEZ, 1992).

La cantidad de agua libre que puede contener una madera está limitada por su volumen de poros. Al comenzar el proceso de secado, el agua libre se va perdiendo por evaporación. Este proceso se produce fácilmente, ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo. Al llegar a este punto, la madera estará en lo que se denomina “punto de saturación de las fibras”, que corresponde a un

contenido de humedad variable entre el 21% y 32%. Cuando la madera ha alcanzado esta condición, sus paredes celulares están completamente saturadas de agua y sus cavidades vacías. Durante esta fase de secado, la madera no experimenta cambios dimensionales, ni alteraciones en sus propiedades mecánicas. Por tal razón, el punto de saturación de las fibras es muy importante desde el punto de vista físico-mecánico (ÁLVAREZ y FERNÁNDEZ, 1992).

2.2.2. Agua ligada o de impregnación

Es el agua que impregna las paredes celulares, relleno los espacios microscópicos y submicroscópicos de la pared celular (ÁLVAREZ y FERNÁNDEZ, 1992).

2.2.3. Agua de constitución química

Forma parte de la materia orgánica, no puede eliminarse por el secado y su separación de la madera implica la destrucción, lo que se consigue por el fuego (GONZALES, 1996).

La madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta, la región de procedencia, la especie forestal, la edad del árbol, entre otros factores. En general, las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las maderas pesadas. La albura, formada por células cuya principal función es la conducción de sustancias nutritivas en solución acuosa, presenta un contenido de humedad mayor que el

duramen, tejido compuesto por células con acumulación de sustancias infiltradas en las cavidades celulares (JUNAC, 1984; citado por SILVA, 2005).

La variación del contenido de humedad de la madera, por su carácter higroscópico, produce un cambio de sus dimensiones cuando se encuentra por debajo del punto de saturación de las fibras. Esta deformación es debida a que el agua se sitúa dentro de la pared celular entre los elementos que la componen (fibrillas elementales, microfibrillas, entre otras) separándolos o acercándolos, según aumente o disminuya su cantidad. Por encima del punto de saturación de las fibras, el agua que se añade a la madera lo hace en forma de agua libre situándose en el interior de los lúmenes celulares, causa por la cual no se produce hinchazón ni merma. Dado el carácter anisótropo de la madera, el comportamiento es distinto según la dirección elegida, de manera que las variaciones dimensionales no serán las mismas en las direcciones longitudinal, radial y tangencial (RODRIGUEZ y VILLASANTE, 1998).

En especies frondosas, la humedad de la albura no varía y la del duramen disminuye por el tronco hacia arriba. En árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año es mayor que los árboles viejos. El contenido de agua en el árbol varía según la altura y el radio del tronco, así como de la temporada del año (Kollmann, 1970; citado por SILVA, 2005).

2.3. Método para determinar la densidad de la madera

La norma técnica peruana (NTP) 251.011 refiere sobre el "Método para determinar de la densidad en la madera", está regida por el INDECOPI a

través de su área de Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales (NTP. 2004). En el ensayo tenemos:

- Determinación de la densidad en maderas saturadas.
- Preparación de las probetas.
- Dimensión de las probetas.
- Instrumental.
- Determinación del peso.
- Determinación del volumen.
- Medición directa.
- Medición indirecta por inmersión al agua.

2.3.1. Algunas definiciones (NTP, 2004)

2.3.1.1. Madera saturada

A los efectos de esta NTP, se considera como madera saturada aquella que haya alcanzado el máximo contenido de humedad al haber sido previamente sumergida en agua.

2.3.1.2. Madera seca al aire en ambiente normalizado

A los efectos de esta NTP, es aquella que ha adquirido un equilibrio de humedad en un ambiente de 5% más o menos de 2% de humedad relativa y 20 °C más o menos de 1 °C de temperatura.

2.3.1.3. Madera anhidra

Es aquella madera donde se ha eliminado todo su contenido de humedad.

2.4. Características generales de bolaina (*Guazuma crinita* C. Martius)

2.4.1. Taxonomía de la especie

Según MOSTACERO (2002), la clasificación es la siguiente:

Clase	: Dicotyledoneae
Orden	: Malvales
Familia	: STERCULIACEAE
Género	: <i>Guazuma</i>
Especie	: <i>crinita</i>
Nombre científico	: <i>Guazuma crinita</i>
Nombre vulgar	: Bolaina blanca

2.4.2. Características de la bolaina (*Guazuma crinita* C. Mart.)

El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco similar a las capas internas (duramen), observándose entre ambas capas un leve y gradual contraste de color. En la madera seca al

aire la albura se torna de color blanco HUE 8/2 10YR y el duramen marrón muy pálido HUE 8/3 10YR (*Munsell Soil Color Charts*) (FAO, 2002).

Olor	:	No distintivo
Lustre o brillo	:	Moderado a elevado
Grano	:	Recto
Textura	:	Media
Veteado o figura	:	Satinado brillante en la sección radial por contraste de los radios. Líneas verticales vasculares.

2.4.3. Características tecnológicas y físicas

Según la FAO (2002) la bolaina blanca es una madera liviana, que presenta contracciones lineales medias y la contracción volumétrica estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría baja con la categoría media.

- Densidad básica : 0.41 g/cm³

2.4.4. Aserrío y secado

La madera presenta resistencia mecánica media, tiene cierta dificultad en el aserrío, su trabajabilidad es moderada con buen comportamiento al lijado, taladrado y moldurado. Durante el secado la madera

es estable con muy bajo riesgo de alabeo. Es moderadamente resistente al ataque biológico (EXIMPORTSOLUTIONS, 2006).

2.4.5. Utilidad

La madera es usada en construcción rural y urbana, cajonería, carpintería en general, laminado, fabricación de mondadientes, paletas de chupetes, baja lenguas, palos de fósforos, juguetería; es apta en pulpa para papel (FAO, 2002).

La madera es de buena calidad, aunque blanda y liviana, tiene buena durabilidad. Se le usa en carpintería, elaboración de utensilios pequeños como paletas de chupetes, mondadientes, palos de fósforos y artesanía; en años recientes se le usa crecientemente en la industria de los tableros contrachapados, la corteza interna fibrosa es empleada localmente como material de amarre.

2.5. Antecedentes sobre estudios similares

Valderrama (1984), citado por SILVA (2005) determinó las propiedades físicas y la variación del tronco de la *Tachigalia longiflora* Ducke y *Selerobium melinonii* Herns, asimismo se estimó en base a la densidad básica sus propiedades mecánicas y usos posibles. Los trabajos fueron efectuados en base a las COPANT e ITINTEC, con cinco árboles, por especie y cuatro representaciones por árbol, permitiendo obtener resultados con una seguridad estadística de 95% y un intervalo de confianza de más o menos 15%. La

evaluación o análisis de los resultados permitió concluir que la *Tachigalia longiflora* Ducke tiene un contenido de humedad mayor y un peso específico menor que la especie de *Selerobium melinonii* Herns, ambas pertenecen a una misma familia. Además se han definido patrones de variaciones en el sentido longitudinal y transversal en el fuste. Asimismo, los resultados han permitido estimar tanto para la *Tachigalia longiflora* Ducke, como para la especie *Selerobium melinonii* Herns, a través de todo el fuste, los siguientes usos generales; carpintería de obra, encofrados, obras interiores y exteriores, cajonería (envases livianos).

Fachin (1986), citado por ALVAREZ (2009) realizó un estudio para determinar la variación de las propiedades físico mecánicas de la madera de *Parkia velutina* R. Benth, proveniente de los bosques de plantación de 12 años de edad del Centro de Investigación y Desarrollo de Jenaro Herrera (CID-JH). El trabajo fue efectuado en base a normas COPANT, ITINTEC, con cinco (05) árboles por especie y tres (03) repeticiones por árbol, permitiendo obtener resultados con una seguridad estadística del 95% y un intervalo de confianza de más o menos 15%. Se ha encontrado patrones de variación en el sentido longitudinal del fuste en cuanto a las propiedades físicas, lo mismo con las propiedades mecánicas, las cuales fueron altamente significativas. El estudio permite inferir que las maderas de niveles inferiores son de mejor calidad, por presentar valores de densidad básica mayor y propiedades mecánicas altas. Así mismo, los resultados permitieron estimar a través de todo el fuste los siguientes usos generales: carpintería en general, envases livianos, cajonería, laminados, fabricación de cajas y palos de fósforo.

Vásquez (1984), citado por SILVA (2005) en el estudio realizado con la finalidad de determinar la variación de las propiedades físicas de la madera de marupa (*Simaoruba amara* Aubl.), proveniente de los bosques naturales del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) de Puerto Almendras. Las muestras de maderas estudiadas fueron tomadas de 4 árboles, con DAP comprendidos entre 28 cm y 45 cm y altura total entre 21 m y 27 cm. Trabajó con probetas cúbicas de 2 cm de arista, tomadas de rodajas con 1.5 m de separación a lo largo del eje de los árboles de muestreo. Determinó dos patrones de variación altamente significativas: la tendencia del peso específico básico a aumentar en la sección transversal, desde la médula hacia la corteza y la tendencia de la relación contracción tangencial/contracción radial (CT/CR), a aumentar en la sección transversal, desde la médula hasta los tres cuartos de sección, a partir del cual disminuye rápidamente. Presentaron patrones de variación significativa: la contracción volumétrica a lo largo del eje del árbol tiende a disminuir hacia la copa, más acentuadamente a partir del primer tercio de altura. Y las posiciones radiales cercanas a la médula con las de albura y zona intermedia; así como los niveles de base con los niveles cercanos a la copa.

El estudio permitió inferir que la madera de los niveles superiores y las posiciones radiales de madera, de la zona intermedia hacia la corteza, en marupa presentan mayor densidad y son más estables, por lo tanto de mayor calidad. El análisis de regresión efectuado, determinó una misma asociación entre los valores de peso específico básico y de contracción volumétrica en la sección radial ($r = -0.13$); y a lo largo del eje del árbol estas propiedades físicas

no presentan ninguna relación. El dispersograma obtenido sugiere una ecuación de regresión lineal. Dicho análisis indica que existe una ligera tendencia al asociar valores de peso específico básico altos con contracciones volumétricas bajas y viceversa.

GOMEZ (1996) en un estudio determinó las propiedades físicas de cinco (05) especies forestales de la familia Annonaceae, así como la estimación en función a la densidad básica, de sus propiedades mecánicas y usos preliminares. Los valores se calcularon en base a las normas ITINTEC y COPANT, lo que nos permitió obtener resultados con una seguridad estadística de 95% y un intervalo de confianza $\pm 15\%$. Luego de realizado el cálculo de los valores encontrados, se pudo concluir que la especie *Xilopia micans* R.E. Fries, posee el mayor valor en lo que respecta al peso específico en relación a las demás especies estudiadas, originando resistencias mecánicas mayores, y la especie *Guatteria* sp “Palometa carahuasca” posee el menor peso específico con resistencias mecánicas menores. De igual forma, los resultados nos permitieron estimar los usos preliminares (para cada especie estudiada de acuerdo a la calidad observada):

- *Diclinanona calycina*: Carpintería y construcción.
- *Guatteria schomburgkianae*: Estructuras, carpintería y construcción pesada.
- *Guatteria* sp.: Estructuras, carpintería y construcción pesada.
- *Guatteria* sp.: Encofrados y carpintería liviana.
- *Xilopia micans*: Estructuras, pisos, cajonería pesada.

GALLO (2009) buscando determinar el contenido de humedad en los cortes radial y tangencial en relación a los tres niveles de fuste para capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Bentham)), utilizó cinco (05) árboles de acuerdo a la norma técnica peruana (NTP)-PR-251.008, para la de terminación de contenido de humedad empleó la Norma técnica peruana (NTP) 251.010, donde encontró que esta especie presenta alta diferencias significativas para el contenido de humedad entre los bloques (árboles) presentes en los niveles base, medio y ápice del fuste de capirona. El contenido de humedad es ascendente desde la parte basal hasta el ápice (tratamientos A y B), habiendo menor contenido de humedad en la parte basal (62.75% y 61.54%), siguiéndole la parte media (65.25% y 63.95%) y la parte del ápice (68.63% y 67.52%) respectivamente con mayor contenido de humedad.

IGARTÚA y MONTEOLIVA (2009) realizaron un trabajo de investigación con el objetivo de analizar las variaciones en la densidad básica de la madera de *Acacia melanoxylon* R.Br, según las alturas de muestreo en el fuste, los árboles y el sitio. Seleccionaron 20 árboles en cuatro sitios de muestreo en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Determinó la densidad de la madera sobre dos rodajas en cada una de cuatro alturas en el fuste (base, altura de pecho, 30% y 50% de la altura total). De acuerdo a la edad determinada, parte del material se reunió en dos grupos (26 - 32 años y 9 - 12 años) para los análisis de la varianza bajo modelos mixtos donde el árbol fue considerado como aleatorio. Asimismo, el árbol fue responsable del 74% de la variación aleatoria total. Dentro del fuste se describió un descenso significativo de la densidad entre la base y la altura del pecho, región a partir de la cual la

densidad mantuvo su valor hacia el extremo superior del fuste. Esta tendencia se manifestó en todos los sitios y agrupamientos por edades.

Con el objetivo de determinar la variación de la densidad de la madera (peso seco/volumen verde) de tres poblaciones de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. del Estado de Chiapas, México, GUTIÉRREZ *et al.* (2010) obtuvieron las muestras de madera de árboles de tres poblaciones (Las Margaritas, Motozintla y Cintalapa) de distribución natural de la especie, con tamaños de muestra de 5 a 17 árboles; de la muestra sacaron un cilindro de madera a 1.30 m de altura. Los resultados mostraron diferencias ($P \leq 0.05$) en la densidad de la madera, con un promedio de 0.56 g cm^{-3} que corresponde a madera pesada, y una desviación estándar de 0.078 g cm^{-3} . La población de Cintalapa presentó mayor densidad de la madera (0.61 g cm^{-3}) que las de Motozintla y Las Margaritas (0.47 y 0.53 g cm^{-3}). La variabilidad encontrada indica la posibilidad de realizar selección por densidad de la madera, en programas de mejoramiento genético.

OMONTE y VALENZUELA (2011) determinaron la variación radial y longitudinal de la densidad básica de la madera, a lo largo del fuste, consideraron en árboles de una plantación de *Eucalyptus regnans* de 16 años, crecida en la Costa de la provincia de Arauco, Chile. Además, correlacionaron la densidad básica promedio del fuste, con la densidad básica obtenida a distintos niveles de altura. Muestrearon 9 árboles entre dominantes y codominantes. De cada árbol obtuvieron rodela cada 10% de la altura total, hasta una altura del 70%. De las rodela extrajeron cubos de 1 cm de arista, de

médula a corteza en las direcciones norte y sur, y en ellos determinaron la densidad básica. Encontraron tres patrones de variación radial para la densidad básica a lo largo del fuste del árbol. En la dirección longitudinal la densidad básica disminuyó desde la base del fuste hasta la altura del 4.5% y luego aumentó linealmente hasta el 70% de la altura total del árbol. Las mejores alturas de muestreo para estimar la densidad promedio del fuste, fueron al 10 y al 20% de la altura total del árbol.

SILVA (2005) realizó la investigación que tuvo como objetivo, la determinación de las características anatómicas a nivel macroscópico y microscópico, así como sus propiedades físicas y su variación de acuerdo a niveles, orientación y sección del fuste de la especie madero negro (*Tabebuia billbergii*). El material de estudio fue recolectado de dos árboles de la zona de Becerra Belén del caserío de la Angostura de dos diferentes tipos de bosque según fisiografía, se tomó un árbol de cada tipo de relieve, dicho material fue trasladado al Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional de Ucayali, donde se realizaron los ensayos establecidos según normas técnicas peruanas INDECOPI. Los resultados demuestran que existen diferencias entre las características de los árboles de colina en comparación con los de terraza, en cuanto a su estructura anatómica, los elementos vasculares tanto su diámetro como longitud presenta una relación directamente proporcional, y fibras tienden a variar en los diferentes niveles del fuste y en sus propiedades físicas, presentó una densidad básica muy alta de 1.017 g/cm³, sobre pasando el límite de >0.75 g/cm³, como lo menciona (Aróstegui,

1982; citado por GALLO, 2009), todo esto se debe a las diferencias marcadas de ecosistemas.

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

ALVAREZ (2009) evaluó las características del secado natural en apilado triangular y en caballete de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. Huamanzamana para la zona de Tingo María, encontró que el contenido de humedad entre bloques (árboles) fue muy significativo (diferentes promedios); no presentó significancia estadística en los niveles del fuste, con valores promedio superior en el nivel medio del fuste (96.97%), seguido de la base (94.26%) y la parte apical (92.21%) en contenido de humedad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Políticamente el sector Tulumayo – Shiringal donde se realizó la parte de campo pertenece al distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado y región Huánuco.

Presenta una altitud de 610 m.s.n.m., y su ubicación corresponde a las coordenadas UTM (Zona 18 L, Datum WGS 84): 384918 Este y 8990336 Norte. Los árboles se encontraban en las siguientes coordenadas:

Árbol 1 y 2 : 384930 Este y 8990224 Norte

Árbol 3 y 4 : 384943 Este y 8990230 Norte

Árbol 5 : 384921 Este y 8990263 Norte

Los ensayos experimentales se ejecutaron en el Área de Tecnología y Aprovechamiento de la Madera y en el laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables (FRNR) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). De acuerdo a la clasificación de zonas de vida y el diagrama bioclimático de Holdridge, el área corresponde a la formación bosque muy húmedo Pre montano Tropical (bmh-PMT).

Temperatura máxima de 29.3 °C, mínima de 19.5 °C y promedio anual 24.2 °C; la precipitación anual de 3300 mm y la humedad relativa anual de 80% (EMC JAQ, 2009).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material bioológico

- 05 árboles de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius).

3.2.2. Material de campo

- Motosierra, empleado para la tala de árboles, trozar y habilitar la madera y facilitar el transporte.
- Wincha de 30 metros, para determinar la dimensión total del árbol y ubicar la dimensión basal, media y apical del fuste.
- Soga de 50 metros, utilizado como parte de la tala dirigida, de evitar que los árboles causen daños de magnitud a las plantaciones existentes.
- Sierra disco, para obtener los listones y finalmente las probetas en estudio.
- Garlopa eléctrica, para el canteado de los tablones y obtención de caras lisas.
- Calibradora de espesor, para determinar el ancho y espesor de las probetas.

- Formones, utilizado en la limpieza de restos de madera adheridas en los dientes de la sierra de disco.
- Plumón indeleble, para la codificación de las probetas y las orientaciones de los tablonos.

3.2.3. Material de laboratorio

- Balanza digital con precisión de 0.01 g, para pesar las probetas con la finalidad de determinar el volumen.
- Micrómetro digital de 0.001 mm, utilizado en la medición del ancho y espesor de las probetas.
- Estufa eléctrica, para el secado de las probetas
- Hornilla eléctrica, para calentar el recipiente que contiene la parafina.
- Soporte universal, para sostener el punzón con la probeta a parafinar.
- Pinza de metal, para sacar las probetas de la estufa y colocarlos en el desecador.
- Desecador, empleado como recipiente de las probetas que se extraen de la estufa para evitar la ganancia de humedad ambiental

- Parafinas, utilizado para bloquear la entrada de agua por las estructuras de las probetas (vasos).
- Punzón, para coger las probetas parafinados.
- Recipiente descartable, para mantener la parafina en estado líquido por efecto del calentamiento de la hornilla eléctrica.
- Agua destilada, como medio de determinación del volumen seco de las probetas.

3.2.4. Equipos de campo

- Equipos para escalar árboles, que facilitó las labores de realizar tala dirigida.
- GPS, empleado para ubicar las coordenadas de los árboles talados.
- Cámara fotográfica, utilizado en la captación de las imágenes para cada actividad realizada.

3.3. Metodología

La metodología ejecutada en la presente investigación, ha estado regida en base a la regla de la Norma Técnica Peruana (NTP) de códigos 251.008 para la colección de árboles; 251.009 para la preparación de

probetas; 251.010 para la determinación del contenido de humedad; 251.011 para la determinación de la densidad.

3.3.1. Fase de campo

3.3.1.1. Colección de muestras

Se coleccionaron cinco (05) árboles de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.), en una plantación agroforestal en la zona de Tulumayo ubicado en carretera Tingo María – Aucayacu, a los cuales se le midió los diámetros a la altura del pecho (d.a.p.) y se ubicó las orientaciones norte y sur de cada uno de ellos. Esta fase se realizó siguiendo la metodología según norma NTP 251. 008.

3.3.1.2. Talado, trozado y aserrío primario

Para el talado de los árboles, trozado y aserrío primario del fuste, se utilizó la motosierra como herramienta, equipos para escalar los árboles y algunos materiales de campo como sogas para darle la dirección a la caída de los árboles, wincha para dimensionar los fustes (altura comercial y total).

Una vez talado el árbol, se procedió al trozado tomando solamente la altura comercial la cual se dividió el fuste en tres partes (base, medio y ápice), de cada troza se tomaron los diámetros promedios, y el diámetro del duramen por que se encontraba bien diferenciado cuando estuvo

saturado de agua, para luego cada troza transformarlo en tablones con dos tapas laterales de la parte céntrica (de orientación norte y sur).

Se cortó el fuste a medio metro y de este tronco se cortaron en dirección norte sur, un ancho de 7 cm, obteniendo lo más centro posible la médula.

Una vez obtenido la muestra con 7 cm de ancho, se transportó al Área de Tecnología de la Madera, para ser trabajado en la obtención de las probetas de 3 cm x 3 cm x 10 cm.

3.3.1.3. Transporte

Las 15 unidades experimentales (tablones) extraídas de cinco (5) árboles, fueron trasladadas al Área de Tecnología y Aprovechamiento de la Madera de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para su transformación en probetas.

3.3.2. Fase de laboratorio

3.3.2.1. Obtención de probetas

Para obtener las probetas, se pasó por la garlopa y sierra de disco al cuartón de siete (07) centímetros de espesor por 50 cm de longitud, se cortaron uno en orientación Norte y otro en orientación Sur. Luego con la garlopa se escuadró para pasar de nuevo por la sierra disco, para obtener viguetas de 4 cm de ancho por 4 cm espesor de por 50 cm de longitud, se

pasaron por la cepilladora de espesor para obtener finalmente 3 cm x 3 cm sección transversal y 50 cm de longitud y, finalmente se cortaron en la sierra disco a longitud de 10 cm.

Una vez obtenido las probetas de madera de 3 cm x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitudinal, estas se codificaron, enumerando del duramen hacia la corteza.

El número de probetas fueron desde 1 hasta 4, cada uno repetidos 4 veces, siendo en total por el lado sur 16 probetas y por el lado norte 16 probetas.

Las probetas fueron remojadas en baldes por 24 horas para alcanzar el volumen húmedo.

Luego se pesaron las probetas en estado saturado para obtener el peso húmedo (pH), con ayuda de una balanza analítica.

El volumen húmedo (VH) se determinó en la forma indirecta, sumergiendo la probeta en peso conocido de agua sin tocar el fondo del recipiente y se registró el incremento del peso correspondiente, que representó el volumen desplazado por la probeta.

Luego se dejó secar las probetas al ambiente y después se colocó en la estufa para obtener el peso seco.

Seguidamente se aplicaron un calentamiento gradual diaria en la estufa, iniciando con 30 °C, 50 °C, 70 °C, 90 °C y finalmente a 103 °C, dejando a esta temperatura no menor de 20 horas. Seguidamente se retiró las probetas de la estufa, se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron el peso seco final. Este tratamiento se repitió hasta que alcance un peso constante, peso seco al horno (PSH). Posteriormente las probetas fueron parafinadas, para determinar el volumen seco al horno (VSH), en forma indirecta por inmersión en agua.

Para la obtención de los resultados se utilizaron las fórmulas siguientes:

$$\text{Densidad saturada} = \frac{\text{peso húmedo}}{\text{volúmen húmedo}} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\text{Densidad básica} = \frac{\text{peso seco}}{\text{volúmen húmedo}} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\text{Densidad anhidra} = \frac{\text{peso seco}}{\text{volúmen seco}} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$$

3.4. Análisis estadístico

Se utilizó el programa SPSS 13, estableciendo para el análisis los datos de los tipos de muestra con respecto a las propiedades físicas, un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con tres niveles y cinco bloques, donde los niveles fueron las tres trozas obtenidas a diferentes alturas del fuste (Figura 1) y los bloques de cinco árboles evaluados de la especie.

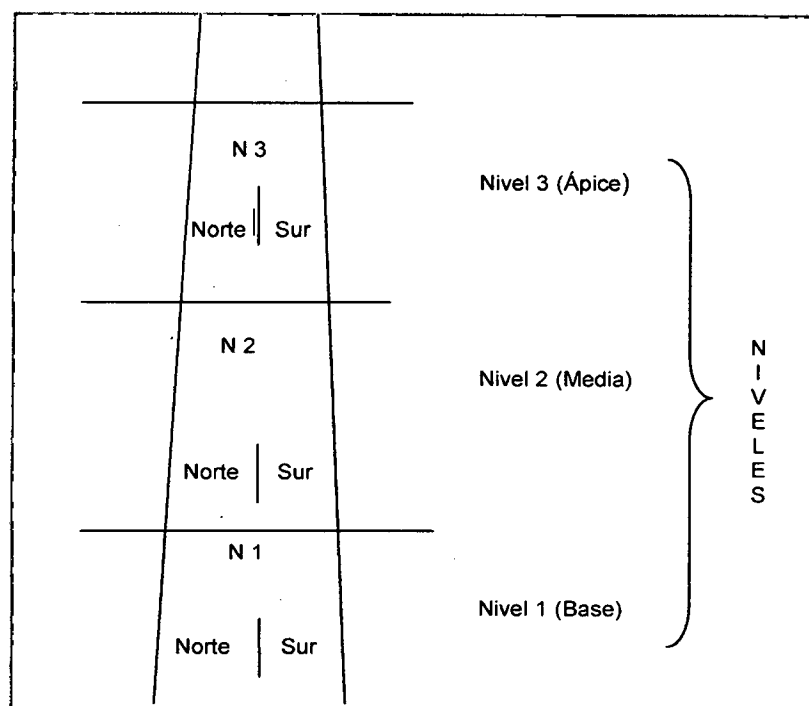


Figura 1. Esquema de los factores evaluados.

3.4.1. Análisis de varianza

Para el análisis de los datos de cada variable con respecto a las propiedades físicas se utilizó el mismo diseño, y la misma metodología para las pruebas de comparación de promedios de los niveles, a través de la prueba significación de DUNCAN, a un nivel de probabilidad de 95%.

Cuadro 2. Análisis de varianza (ANVA).

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Tratamientos (niveles del fuste)	2
Bloques (árboles)	4
Error	8
Total	14

El diseño ha estado representado por el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

Para:

i = 1, 2, 3, 4,5 bloques (árboles)

j = 1, 2, 3 tratamientos (niveles del fuste)

Donde:

Y_{ij} = La j -ésima tratamiento del i -ésimo bloque.

μ = Media general.

β_i = Efecto del i – ésimo nivel del bloque

α_j = Efecto del j -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error aleatorio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza de los niveles del fuste y entre árboles para la densidad saturada, anhidra y básica

El análisis de varianza en la densidad saturada, anhidra y básica presentó diferencias estadísticas, con significancia de 52.69, 33.15 y 36.29 para los niveles de densidad saturada, anhidra y básica, respectivamente, no significativo de 7.862, 3.55 y 3.95 para la densidad saturada, anhidra y básica respectivamente entre los árboles (Cuadro 3).

Se encontró un coeficiente de variación de 4.11, 5.06 y 4.93% en la densidad saturada, anhidra y básica, respectivamente (Cuadro 3). Según CALZADA (1996) el coeficiente de variación representa una excelente homogeneidad de dispersión de los resultados, debido a que las probetas presentaron uniformidad en sus dimensiones.

Respecto a la significancia estadística de las densidades, CUEVAS (2003) indica que la densidad de la madera es muy variable, de forma particular las coníferas más utilizadas en la construcción tienen una densidad comprendida entre 400 y 550 kg/m³ y las frondosas entre 600 y 700 kg/m³. Las especies relativamente densas son duras y fuertes, debido a que contienen

gran parte de sustancias (lignina, taninos, resinas, sílice, etc.) en la pared celular (ALVAREZ y FERNANDEZ, 1992).

Cuadro 3. Análisis de varianza de la densidad saturada, anhidra y básica (g/cm^3), por niveles del fuste en cinco árboles.

FV	Densidad	Nivel	Árbol	Error	Total
GL		2	4	8	14
	Saturada	0.08	0.0048	0.01	0.09
SC	Anhidra	0.02	0.004	0.0022	0.02
	Básica	0.02	0.0049	0.0025	0.03
	Saturada	0.04	0.0012	0.00075	
CM	Anhidra	0.01	0.00099	0.00028	
	Básica	0.01	0.0012	0.00031	
	Saturada	* 52.69	NS 1.61		
F _{cal}	Anhidra	* 33.15	NS 3.55		
	Básica	* 36.29	NS 3.95		

CV (%) = 4.11 (Saturada), 5.06 (Anhidra) y 4.93 (Básica).

Promedio total (g/cm^3) = 0.664 (Saturada), 0.336 (Anhidra) y 0.359 (Básica).

* = Significativo a un nivel de probabilidad 95% ($p < 0.05$).

NS = No significativo.

La densidad de la madera en los niveles fueron diferentes, generalmente esto es debido a la humedad que presenta el los espacios vacíos

de la madera, la cual influye sobre su trabajabilidad, Grigoriev (1985), citado por SILVA (2005) asegura que la densidad de la madera tiene influencia sobre las propiedades mecánicas, como resistencia a la flexión, dureza entre otras, es decir, que cuanto más densa sea la madera, más difícil será secarla. La densidad se ve influenciada por el agua (CARTAGENA, 2000), la cual es importante cuantitativamente, ella constituye el 80 – 90% del peso fresco de muchas plantas herbáceas y más del 50% del peso fresco de las plantas leñosas.

Respecto a las atribuciones de la densidad, Grigoriev, 1985; citado por SILVA (2005) asegura que la densidad de la madera tiene influencia sobre las propiedades mecánicas, como resistencia a la flexión, dureza entre otras, es decir, que cuanto más densa sea la madera, más difícil será secarla. La densidad básica promedio total para la bolaina blanca fue 0.36 g/cm^3 , difiriendo con la FAO (2002) que da una densidad básica la especie bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) de 0.41 g/cm^3 , en cuanto a la clasificación de la densidad básica según VIZCARRA (1998) pertenece al grupo II de clasificación Baja (Cuadro 1), donde la FAO (2002) nos menciona que la bolaina blanca se sitúa en el límite de la categoría baja con la categoría media en cuanto a la resistencia mecánica.

Respecto a la densidad saturada que fue diferente en los niveles del fuste y en comparación con las demás densidades, JUNAC (1984), citado por SILVA (2005) precisa que la madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta, la región de procedencia,

la especie forestal, la edad del árbol, entre otros factores y en general, las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las maderas pesadas, bajo ciertas consideraciones se entiende que a mayor contenido de humedad en el árbol, la madera que lo constituye posee las células con un lumen más amplio y paredes delgadas, como consecuencia determina una densidad básica menor o viceversa (Fachin, 1986; citado por ALVAREZ, 2009). HERMINIO (2003) clasifica en este estado, la formas de cómo esta posicionado el agua en la madera que son: agua libre, agua de saturación y agua de constitución.

En cuanto a la densidad anhidra, también presentó variabilidad en los niveles del fuste. Pérez (1983), citado por TORRES (2009) y CUEVAS (2003) mencionan, que la densidad indica la cantidad aproximada de cavidades celulares disponibles para contener líquidos, en consecuencia, cuando mayor es la amplitud de estas cavidades celulares (lúmenes) menor será su densidad y mayor la absorción que pueda lograrse en la madera, DÍAZ (2005) añade que se puede considerar que las maderas con mayor densidad contienen más agua higroscópica que las de menor densidad y por eso las de mayor densidad tienen mayor contracción que las de menor densidad.

4.2. Comparación de promedios en los niveles del fuste para la densidad saturada, anhidra y básica

En la prueba de comparación de promedios según DUNCAN, se encontró que entre los niveles del fuste para la densidad saturada, anhidra y

básico, los niveles 2 y 3 presentan similar comportamiento, pero a la vez son diferentes con el nivel 1 (Cuadro 4 y Figura 2).

Además, se muestra que en las tres densidades (saturada, anhidra y básica), los niveles del fuste son descendentes desde la parte basal hasta el ápice, las densidades son mayores en la parte basal (nivel 1) con 0.770, 0.414 y 0.379 g/cm³) para las tres densidades (saturada, anhidra y básica) respectivamente, en la parte media (nivel 2) para las tres densidades es de 0.621; 0.328 y 0.301 g/cm³ respectivamente y en la parte del ápice (nivel 3) de menor densidad para las tres (saturada, anhidra y básica) es 0.602; 0.336 y 0.308 respectivamente.

Cuadro 4. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha= 0.05$) para promedios de densidad saturada, anhidra y básica (g/cm³) por cada nivel del fuste.

Densidad	Nivel	Promedio (g/cm ³)	Significación
Saturada	Nivel 1 (Base)	0.770	a
	Nivel 2 (Media)	0.621	b
	Nivel 3 (Ápice)	0.602	b
Anhidra	Nivel 1 (Base)	0.414	a
	Nivel 2 (Media)	0.328	b
	Nivel 3 (Ápice)	0.336	b
Básica	Nivel 1 (Base)	0.379	a
	Nivel 2 (Media)	0.301	b
	Nivel 3 (Ápice)	0.308	b

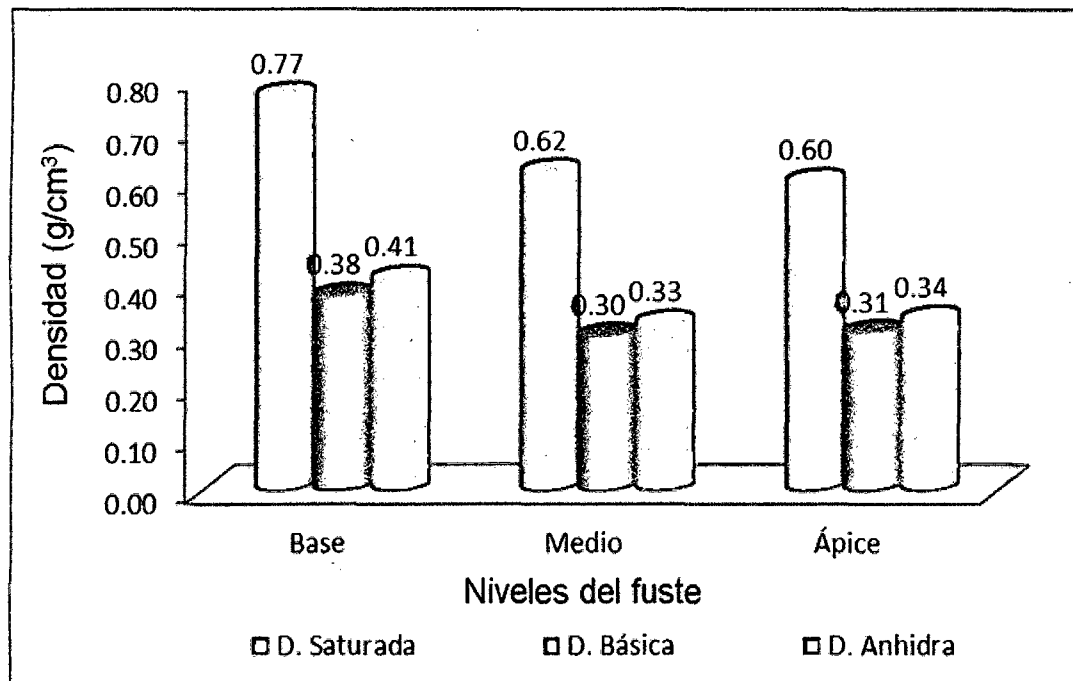


Figura 2. Promedios de la densidad saturada, anhidra y básica (g/cm^3) por cada nivel del fuste.

La diferencia estadística encontrada en las densidades a los diferentes niveles, se encuentra influenciada por la cantidad de agua que contiene esta especie, mostrando menor humedad en la parte basal, la cual ANANÍAS (1992), CUEVAS (2003), COORPORACION CHILENA DE LA MADERA (2003) y Grigoriev (1985), citado por SILVA (2005) nos afirman que cuando la humedad crece, la densidad también crece, así mismo la densidad varía ampliamente entre diferentes especies y tipos de madera, por otra parte Kollmann (1970), citado por SILVA (2005) indica que el agua contenido en el árbol varía según la altura del fuste, debido a que las células presentan menor lumen en la parte basal y mayor lumen en la parte apical, y también existe variación en el radio del tronco por que alrededor de la médula se encuentra el duramen cuya función es almacenar sustancias que la planta no utiliza y cerca

a la corteza se encuentra la albura cuya función es transportar agua. Conocer los patrones de variación de la densidad básica, es importante para definir la utilización más adecuada de la madera (Tomazello, 1985; citado por TORRES, 2009), y para conocer el grado de homogeneidad de la materia prima que se entrega a la industria forestal maderera (QUILHÓ *et al.*, 2006).

Resultados similares respecto a la variación de densidades en diferentes niveles determinó Fachin (1986), citado por ALVAREZ (2009), encontrando la variación de las propiedades físico mecánicas en la madera de *Parkia velutina* R. Benth, con patrones de variación en el sentido longitudinal del fuste en cuanto a las propiedades físicas, las cuales fueron altamente significativas, infiriendo en que las maderas de niveles inferiores son de mejor calidad, por presentar valores de densidad básica mayor y propiedades mecánicas altas; resultados diferente encontró Vásquez (1984), citado por SILVA (2005) en la madera de marupa (*Simaoruba amara* Aubl.) al encontrar que los niveles superiores del fuste, presentan mayor densidad y son más estables, por lo tanto de mayor calidad.

Respecto a la variación de humedad que ha influenciado en la densidad de la madera de bolaina estudiada, GALLO (2009) afirma este aspecto en la capirona (*Calycophyllum spruceanum* Bentham), al encontrar que dicha especie presenta un contenido de humedad ascendente desde la parte basal hasta el ápice (tratamientos A y B), habiendo menor contenido de humedad en la parte basal (62.75% y 61.54%), siguiéndole la parte media (65.25% y 63.95%) y la parte del ápice (68.63% y 67.52%) respectivamente, la

cual al inferir en la densidad como en el caso del resultado encontrado para bolaina blanca (Cuadro 4 y Figura 2) la densidad presenta una disminución en la madera cuando hay un incremento de humedad (CUEVAS, 2003).

Resultados similares a la variación de densidades encontró IGARTÚA y MONTEOLIVA (2009) al trabajar con *Acacia melanoxylon* R.Br, al determinar la variación, la cual estaba dependiendo de las alturas de muestreo en el fuste (base, altura de pecho, 30% y 50% de la altura total), encontrando un descenso significativo de la densidad entre la base y la altura del pecho, región a partir de la cual la densidad mantuvo su valor hacia el extremo superior del fuste, esta tendencia se manifestó en todos los sitios y agrupamientos por edades, resultados similares al comportamiento de la densidad encontrada en el fuste de la bolaina blanca.

Por otra parte OMONTE y VALENZUELA (2011) encontraron la variación radial y longitudinal de la densidad básica de la madera de *Eucalyptus regnans* con 16 años de edad, donde en la dirección longitudinal la densidad básica disminuye desde la base del fuste hasta la altura del 4.5% (similar al comportamiento de la bolaina blanca) y luego aumentó linealmente hasta el 70% de la altura total del árbol; además añade que las mejores alturas de muestreo para estimar la densidad promedio del fuste son al 10 y al 20% de la altura total del árbol. SILVA (2005) en la especie madero negro (*Tabebuia billbergii*), encontró las fibras tienden a variar en los diferentes niveles del fuste y estas constituyen un factor elemental para el cambio de la densidad a diferentes alturas como lo encontrado en la especie trabajada (bolaina blanca).

Además, TORRES (2009) en el cetico (*Cecropia sciadophylla* Mart.), encontró la densidad básica de 0.32 g/cm^3 , mostrando diferencias significativas entre los niveles del fuste para la densidad básica, siendo el tercer nivel del fuste (ápice) el que presentó mayor densidad básica, la cual es diferente a los resultados encontrados en bolaina blanca, por que en esta especie se encontró la mayor densidad en el primer nivel del fuste, similar a lo encontrado por ALVAREZ (2009) en la madera en huamanzamana (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.), donde el nivel medio del fuste (96.97%), fue seguido de la base (94.26%) y la parte apical (92.21%) en contenido de humedad.

4.3. Comparación de promedios en cinco árboles para la densidad saturada, anhidra y básica

En la prueba DUNCAN, se encontró que la densidad saturada entre los árboles, presentan similares valores, comprobando la no significancia del ANVA (Cuadro 3). Por otro lado, se afirma que los árboles 5, 2 y 3 son similares; el árbol 1 tiene un comportamiento intermedio con los tres árboles anteriores y con el árbol 4 difiere de las anteriores; por último para la densidad básica se encontró que entre los árboles, 3, 5 y 2 presentan similar comportamiento, igualmente para los árboles 1 y 4 son similares (Cuadro 5).

La densidad básica varía considerablemente entre especies, entre árboles y dentro de árboles individuales (DOWNES *et al.*, 1997). Esta variación se debe tanto a factores propios de cada especie como a las interacciones con el medio ambiente (ZOBEL y JETT, 1995). Las características de la madera

como: tipos de células, diámetros de lúmenes y espesor de las paredes celulares, así como el contenido de extraíbles, entre otras, también inciden en la variación de esta propiedad (DOWNES *et al.*, 1997); resultados similares sobre la variación de densidades por efecto de su anatomía heterogénea se encontró en la especie bolaina blanca (Cuadro 5 y Figura 3).

Cuadro 5. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha = 0.05$) para promedios de densidad saturada, anhidra y básica (g/cm^3) de cinco árboles.

Densidad	OM	Árbol	Promedio (g/cm^3)	Significación
Saturada	1	Árbol 5	0.683	a
	2	Árbol 2	0.681	a
	3	Árbol 3	0.679	a
	4	Árbol 1	0.641	a
	5	Árbol 4	0.637	a
Anhidra	1	Árbol 3	0.375	a
	2	Árbol 5	0.373	a
	3	Árbol 2	0.373	a
	4	Árbol 1	0.338	a b
	5	Árbol 4	0.336	b
Básica	1	Árbol 5	0.344	a
	2	Árbol 2	0.342	a
	3	Árbol 3	0.342	a
	4	Árbol 1	0.310	b
	5	Árbol 4	0.308	b

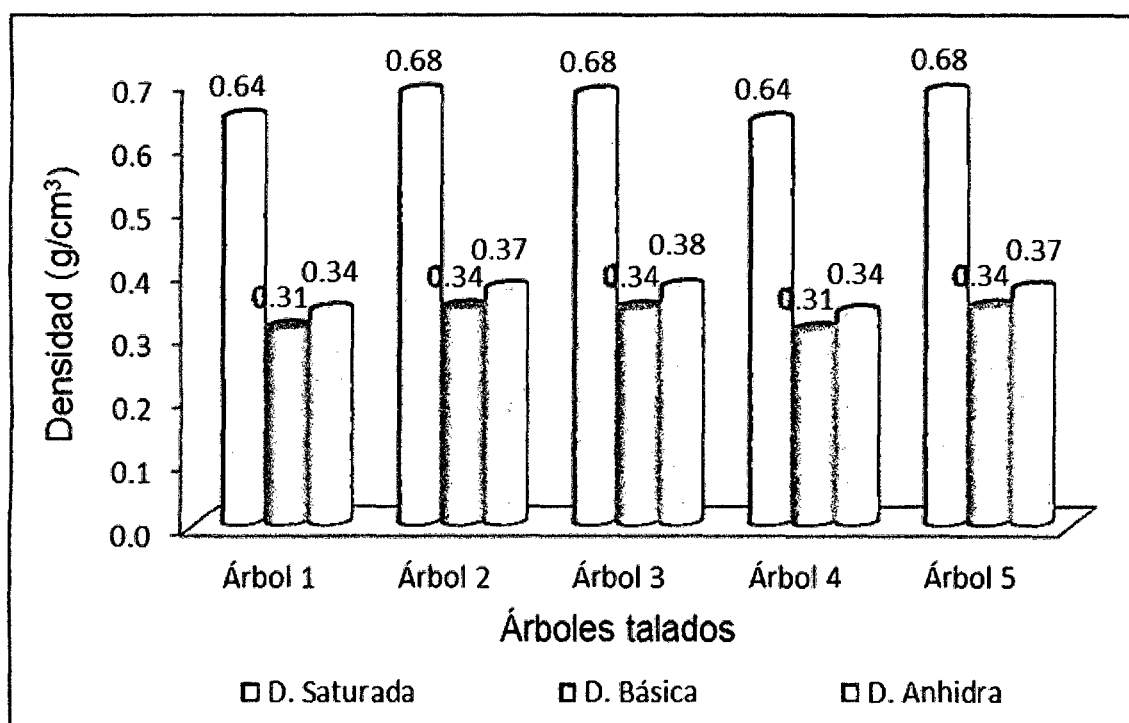


Figura 3. Promedios de la densidad saturada, anhidra y básica (g/cm^3) en cinco árboles.

La variación de las densidades en la especie bolaina blanca es sostenida por CHAVE (2006), al mencionar que la densidad de madera varía dentro de la planta, durante la vida de la planta y entre individuos de una misma especie debido a su anatomía heterogénea y la influencia de factores ambientales. Además, las ramas y las partes exteriores del tronco tienden a presentar densidades de madera más bajas que la médula del tronco.

Respecto a la variación de densidades entre individuos de la misma especie y entre especies lo determinó GOMEZ (1996) la estudiar cinco especies de la familia Annonaceae, encontró que la especie *Xilopia micans* R.E. Fries, posee el mayor valor en lo que respecta al peso específico en relación a las demás especies estudiadas, originando resistencias mecánicas

mayores, y la especie *Guatteria* sp. "palometa carahuasca" posee el menor peso específico con resistencias mecánicas menores.

En esta comparación de variabilidad de promedios en densidades lo afirman PANSHIN y DE ZEEUW (1981) y Fachin (1986), citado por ALVAREZ (2009) al establecer que la variabilidad de la madera está influenciada por diversos factores internos tales como, cambios en el cambium con respecto a la edad, herencia genética que influye en la forma y crecimiento de los árboles, Tusset y Duran (1979), citados por TORRES (2009) agregan que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

Valderrama (1984), citado por SILVA (2005) encontró que la *Tachigalia longiflora* Ducke tiene un contenido de humedad mayor y un peso específico menor que la especie de *Selerobium melinonii* Herns, a pesar que ambas pertenecen a una misma familia, similar encontró IGARTÚA y MONTEOLIVA (2009), al evaluar la densidad básica en la madera de *Acacia melanoxylon* R.Br a diferentes alturas de muestreo en el fuste (base, altura de pecho, 30% y 50% de la altura total) donde árbol fue responsable del 74% de la variación aleatoria total.

Trabajo similar realizaron GUTIÉRREZ *et al.* (2010) donde encontraron la variación de la densidad en la madera de tres poblaciones de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. del Estado de Chiapas, encontrando diferencias ($P \leq 0.05$) en la densidad de la madera, con un promedio de 0.56 g

cm^{-3} que corresponde a madera pesada, y una desviación estándar de 0.078 g cm^{-3} , la población de Cintalapa presentó mayor densidad de la madera (0.61 g cm^{-3}) que las de Motozintla y Las Margaritas (0.47 y 0.53 g cm^{-3}), esta variabilidad encontrada indica la posibilidad de realizar selección por densidad de la madera, en programas de mejoramiento genético.

También, SILVA (2005) en la especie madero negro (*Tabebuia billbergii*), encontró que existen diferencias entre las características de los árboles de colina en comparación con los de terraza, en cuanto a su estructura anatómica y todo esto se debe a las diferencias marcadas de ecosistemas; y, TORRES (2009) en cuatro (04) árboles de cético (*Cecropia sciadophylla* Mart.), encontró diferencia significativa entre la densidad básica de los árboles. GALLO (2009) encontró en capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), que esta especie presenta alta diferencias significativas para el contenido de humedad entre los árboles presentes en los niveles base, medio y ápice del fuste, y ALVAREZ (2009) corrobora lo mismo en árboles de huamanzamana (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.) con diferentes promedios. Estos autores afirman la variabilidad que existe entre la densidad de los árboles de diferentes especies, entre los individuos de una misma especie y dentro de el interior en un mismo árbol como lo encontrado con la bolaina blanca que fue la especie en estudio.

V. CONCLUSIONES

1. El promedio total de la densidad saturada encontrado en bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) fue 0.66 g/cm^3 , con diferencias estadísticas significativas entre los niveles del fuste y no significativas entre los cinco arboles.
2. En bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) el promedio total encontrado para la densidad anhidra fue 0.36 g/cm^3 , con diferencias estadísticas significativas entre los niveles del fuste y no significativas entre los cinco árboles.
3. El promedio total de la densidad básica determinado en bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) fue 0.33 g/cm^3 , mostrando diferencias estadísticas significativas entre la densidad de la base (0.38 g/cm^3) con la densidad del nivel medio (0.30 g/cm^3) y apical (0.31 g/cm^3) del fuste, por otra parte no se encontró diferencias significativas entre los cinco árboles.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos similares en diferentes especies forestales de selva baja y alta, a fin de poder generar una base de datos, así mismo los trabajos de investigación a nivel de universidades deben ser considerados como aporte a los estudios en la tecnología de maderas tropicales.
2. Las técnicas y procedimientos del manejo de bosques deben incluir estudios tecnológicos de las especies, sobre todo si se tiene como fin el aprovechamiento industrial. Esto permitirá conocer su evolución tecnológica, con la posibilidad de analizar sus resultados conjuntamente con el crecimiento volumétrico y fijar turnos apropiados para optimizar el aprovechamiento del bosque.
3. Difundir toda información o estudio tecnológico, a personas jurídicas y naturales que se encuentren vinculados a trabajos con maderas, para dar impulso y conocimiento del comportamiento esta especie en estudio.
4. De acuerdo a la densidad determinada, promocionar la bolaina blanca a nivel industrial para sus diversos usos: cajonería, carpintería en general, laminado, fabricación de mondadientes, paletas de chupetes, baja lenguas, palos de fósforos, juguetería entre otros.

VII. ABSTRACT

With the aim to determine the variability of the density between the trees and levels (base, average and apex) of the shaft of the species bolaina white (*Guazuma crinita* C. Mart.) in Tingo María, Perú, five trees were felled of bolaina of the sector Tulumayo - Shiringal belonging to the district Jose Crespo and Castle of the region Huánuco, Peru. Has followed the methodology proposed according to the Technical Peruvian Norm (NTP) number 251.008 for the collection of trees; 251.009 for the preparation of manometers; 251.010 determination of the content of dampness and 251.011 determination of the density. He has been in *Guazuma crinita* C. Mart. 0.66 g/cm³ of saturated density, 0.33 g/cm³ of basic density, 0.36 g/cm³ of density anhidra; with statistical significant difference between levels of the shaft and between trees, with the exception of the basic density and anhidra that has not had significance between the trees. In addition one has found variation of the densities from the base towards the apex of the shaft, with significances statistics.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, H.A. 2009. Características del secado natural en apilado triangular y en caballete de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. Huamanzamana para la zona de Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 67 p.
- ÁLVAREZ, H., FERNÁNDEZ – GOLFÍN, J. 1992. Fundamentos teóricos del secado de la madera. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid, España. 240 p.
- ANANÍAS, R. 1992. Física de la madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41 p.
- CALZADA, J. 1996. Métodos estadísticos para la investigación. 5 ed. Lima, Perú. 640 p.
- CARTAGENA, J.R. 2000. El agua en las plantas. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F. 40 p.
- CHAVE, J. 2006. Medición de densidad de madera en árboles tropicales. Manual de campo. PAN – AMAZONIA. Toulouse, France. 7 p.

- COORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA. 2003. Manual para la construcción de vivienda en madera. Capítulo I. Santiago, Chile. 55 p.
- CUEVAS, E. 2003. Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Material de apoyo en propiedades físicas y mecánicas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 68 p.
- DÍAZ, P.P. 2005. Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la Zona de Cauquenes. Tesis Ing. en Industrias de la Madera. Universidad de Talca. Talca, Chile. 179 p.
- DOWNES, G.M., HUDSON, I.L., RAYMOND, C.A., DEAN, G.H., MICHELL, A.J., SCHIMLECK, L.R., EVANS, R., MUNERI, A. 1997. Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. CSIRO Publishing, Melbourne. Australia. 132 p.
- EMC JAQ. 2009. Estación meteorológica y climatológica "José Abelardo Quiñónez". Tingo María, Perú.
- EXIMPORTSOLUTIONS. 2006. Las características de la capirona. [En línea]: Eximportsolutions, (<http://www.eximportsolutions.com/Capirona.html/>, documento, 27 Jul. 2011).
- GALLO, A.G. 2009. Características del secado al natural en técnicas de apilado triángulo y caballete de la especie forestal *Calycophyllum*

spruceanum Bentham "capirona". Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 101 p.

GOMEZ, T. 1996. Propiedades físicas y estimación de la resistencia mecánica y de algunos usos de la madera de cinco especies forestales de la familia Annonaceae del CIEFOR Puerto Almendras – Iquitos. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

GONZALES, R. 1996. Secado de madera. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima, Perú. 164 p.

GUTIÉRREZ, B.N., GÓMEZ, M., VALENCIA, S., CORNEJO, E.H., PRIETO, J.A., GUTIÉRREZ, M.H. 2010. Variación de la densidad de la madera en poblaciones naturales de *Pinus oocarpa* Schiede Ex Schltdl. del estado de Chiapas, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 33 (Núm. Especial 4): 75 – 78.

HERMINIO, J. 2003. Producto regular según conceptos de contracciones, contenido de humedad, alabeos y grietas. Trabajo de titulación Ing. en Madera. Valdivia, Chile. 85 p.

IGARTÚA, D.V., MONTEOLIVA, S. 2009. Densidad básica de la madera de *Acacia melanoxylon* R. Br en relación con la altura de muestreo, el árbol y el sitio. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y

Alimentación (INIA). Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 2009 18(1), 101-110.

IGARTUA, D.V., MONTEOLIVA, S.E., MONTERUBBIANESI, M.G., VILLEGAS, M.S. 2003. Basic density and fibre length at breast height of *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* for parameter prediction of the whole tree. IAWA Journal 24 (2): 173-184.

MOSTACERO, J., MEJIA, C., GAMARRA, T. 2002. Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Vol 1. Ed. Normas Legales S.A.C. 667 p.

NTP. 2004. Maderas. Método de determinación de densidad. Norma Técnica Peruana NTP 251.011. 2 ed. Lima, Perú. 7 p.

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

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2002. Evaluación de la capirona. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/AG/aGL/agll/rla128/inia/inia-p4/inia-p4-22.htm>, documentos, 25 Jun. 2011).

PADT-REFORT. 1992. Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. 3 ed. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú. 16 p.

- QUILHO, T., MIRANDA, I., PEREIRA, H. 2006. Within tree variation in wood fibre biometry and basic density of the urograndis eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). IAWA Journal 27 (3): 243-254.
- RODRÍGUEZ, F., VILLASANTE, A. 1998. *Pinus Uncinata* del Pirineo de Lleida: Factores de contracción de la madera. Departamento de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Lleida. 24 p.
- SILVA, J.C. 2005. Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especie forestal madero negro (*Tabebuia billbergii*) o guayacán. Tesis Ing. Forestal. Pucallpa, Perú. Universidad Nacional de Ucayali. 82 p.
- TORRES, P. 2009. Determinación de las propiedades físicas a tres niveles del fuste de cetico (*Cecropia sciadophylla* Mart.) en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 65 p.
- VIZCARRA, S. 1998. Guía para el secado de la madera en horno. Proyecto de manejo forestal sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz, Bolivia. 64 p.
- ZOBEL, B.J., JETT, J.B. 1995. Genetics of wood production. Springer-Verlag, Berlin. Germany. 337 p.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico.



Figura 4. Tala de los árboles para la investigación.



Figura 5. Corte de la base del fuste.

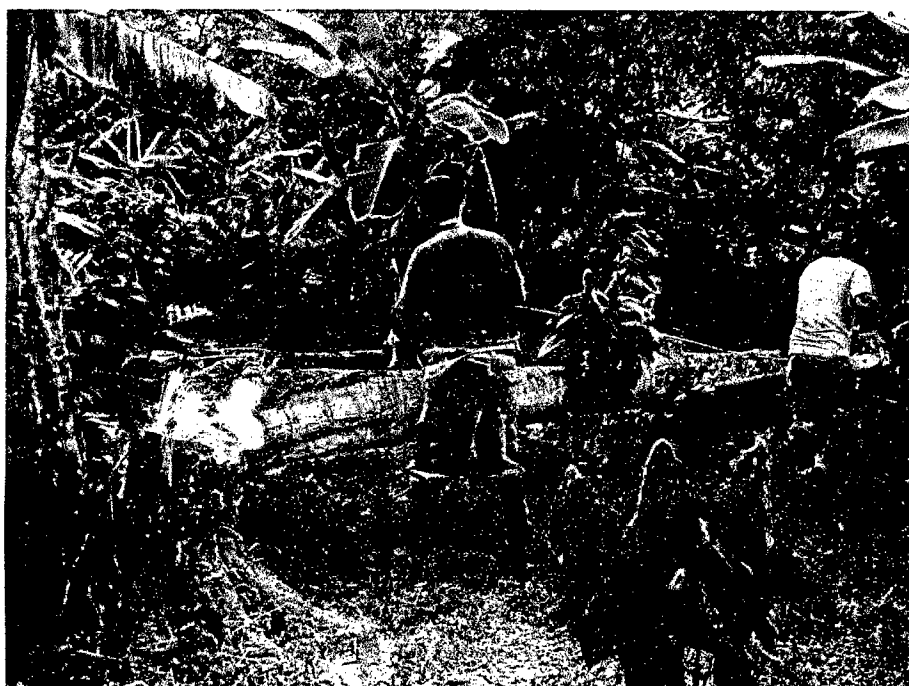


Figura 6. Medición del fuste para cortar las trozas.



Figura 7. Corte del fuste en trozas.

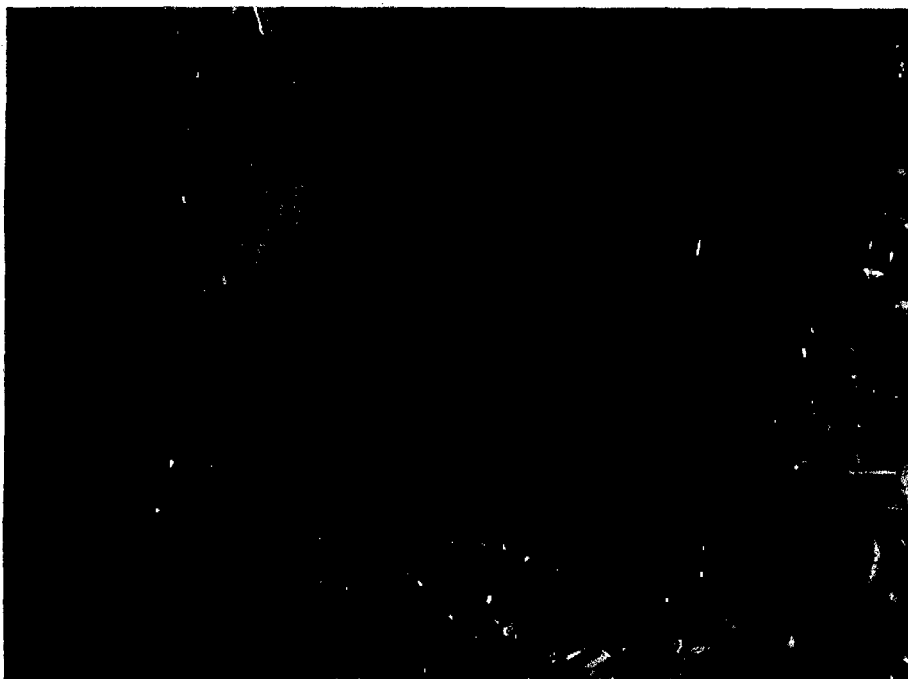


Figura 8. Codificación de trozas.



Figura 9. Aserrío de trozas para la obtención de cuartones orientados.

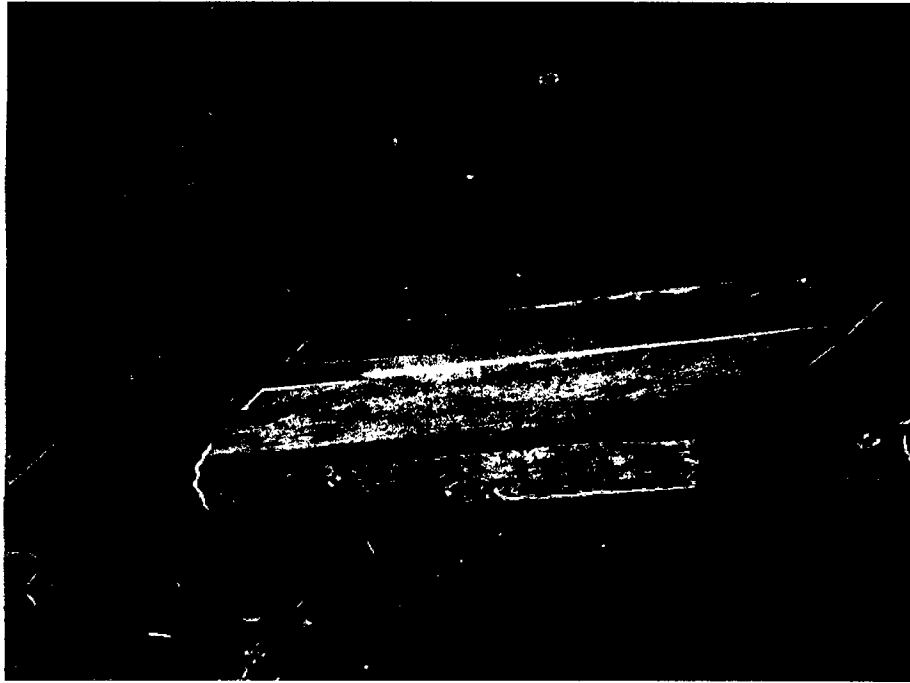


Figura 10. Aserrío con cierra de disco del cuartón para la obtención de probetas.



Figura 11. Aserrío del cuartón para elaborar probetas.

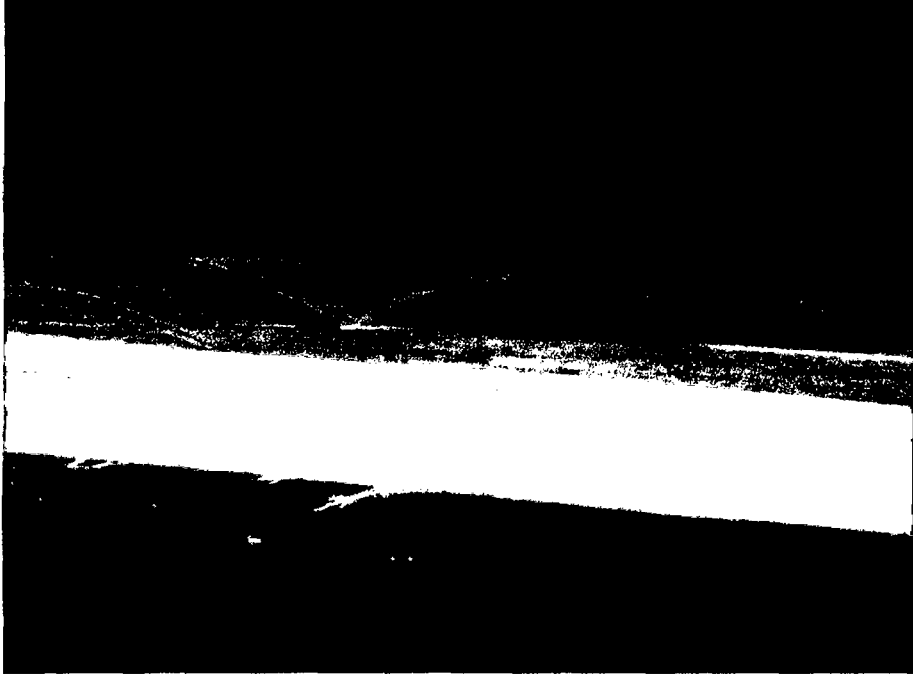


Figura 12. Ancho y espesor de las probetas.



Figura 13. Secado de las probetas en estufa.

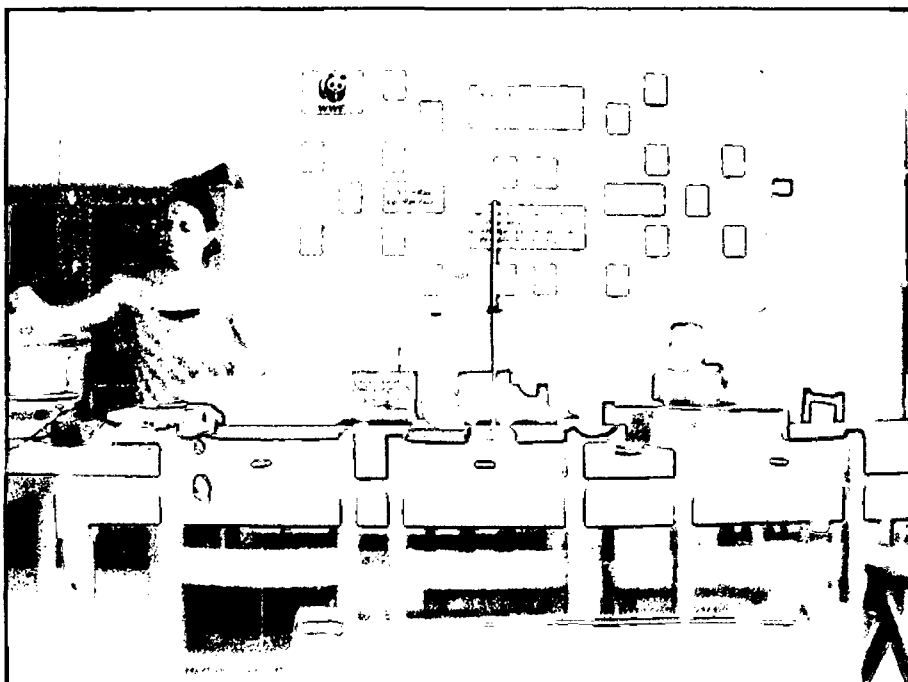


Figura 14. Colocación de probetas en desecador.



Figura 15. Parafinado de probetas.



Figura 16. Determinación del volumen de las probetas.

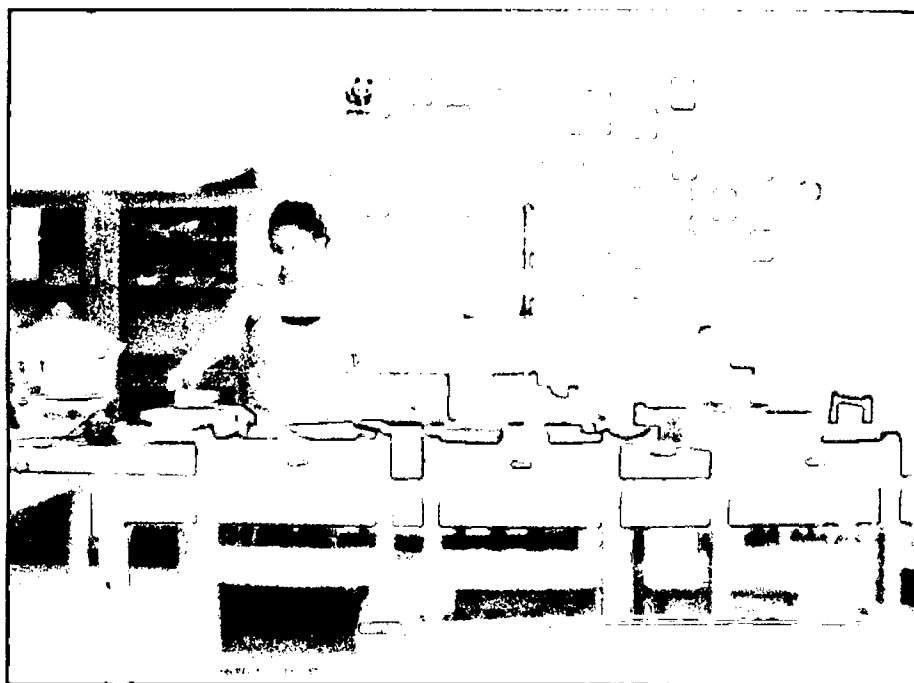


Figura 17. Determinación del peso de las probetas.