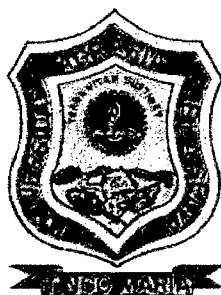


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN EL FUSTE Y
RAMAS DE LA ESPECIE CARAHUASCA (*Guatteria hyposericea* Diels) EN
TINGO MARÍA**

Tesis

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION FORESTALES**

HERMOGENES ARECHAGA TANGO

PROMOCIÓN 2009-I

Tingo María - Perú

2009

F50

A68

Arechaga Tangoa, Hermogenes

Determinación de las Propiedades Físicas en el Fuste y Ramas de la Especie Carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) en Tingo María. Tingo María, 2009

60 h.; 42 cuadros; 19 fgrs.; 44 ref.; 30 cm.

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

GUATTERIA HYPOSERICEA DIELS / PROPIEDADES FÍSICA-MADERA / CAMBIO DIMENSIONAL / CONTENIDO DE HUMEDAD / METODOLOGÍA / TINGO MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



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 24 de Junio de 2009, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN EL FUSTE Y RAMAS DE LA ESPECIE *Guatteria hyposericea* Diels “CARAHUASCA”, EN TINGO MARIA

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

En consecuencia el sustentante queda apto 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, 15 de julio de 2009

Ing. MANUEL BRAVO MORALES
Presidente



AUSENTE

Blgo. ARMANDO ENEQUE PUICON
Vocal

Ing. WARREN RIOS GARCIA
Vocal

Ing. M.Sc. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ
Asesor

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Descripción taxonómica de carahuasca (<i>Guatteria hyposericea</i> Diels).....	3
2.1.1. Características de la especie.....	3
2.1.2. Procedencia y antecedentes.....	3
2.1.3. Propiedades físicas.....	4
2.1.4. Aserrío y secado.....	4
2.1.5. Durabilidad natural y usos.....	4
2.2. Propiedades físicas de la madera.....	4
2.2.1. Densidad.....	4
2.2.2.1. Densidad básica de la madera.....	6
2.2.2. Contenido de humedad.....	7
2.2.3. La contracción de la madera.....	10
2.3. Agua en la madera.....	13
2.4. Influencia en la madera de los factores internos y externos.....	14
2.5. Factores que inciden en el secado de la madera.....	16
2.5.1. Factores de la madera.....	16
2.5.1.1. Influencia de la estructura anatómica.....	16
2.5.1.2. La higroscopicidad.....	16
2.5.1.3. La anisotropía.....	17
2.6. Algunas investigaciones.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Lugar de ejecución.....	20
3.1.1. Ubicación política.....	20
3.1.2. Ubicación geográfica.....	20
3.1.3. Zona de vida.....	20

3.1.4.	Características climáticas.....	21
3.2.	Material biológico.....	21
3.3.	Metodología.....	21
3.3.1.	Fase de campo	21
3.3.1.1.	Selección de árboles de carahuasca (<i>Guatteria hyposericea</i> Diels)	21
3.3.1.2.	Obtención de muestras	21
3.3.2.	Fase post campo.....	23
3.3.2.1.	Preparación de las probetas.....	23
3.3.2.2.	Codificación de las probetas.....	23
3.3.3.	Fase de laboratorio	23
3.3.3.1.	Método de determinación del contenido de humedad.....	23
3.3.3.2.	Método de determinación de la densidad.....	24
3.3.3.3.	Método de determinación de la contracción	25
3.4.	Diseño experimental y factores estudiados	27
3.5.	Análisis estadístico	27
3.5.1.	Modelo aditivo lineal.....	27
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.	Propiedades físicas de carahuasca (<i>Guatteria hyposericea</i> Diels).....	29
4.2.	Determinación del contenido de humedad	31
4.2.1.	Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto al contenido de humedad	31
4.3.	Determinación de la densidad	34
4.3.1.	Densidad saturada	34
4.3.1.1.	Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la densidad saturada	34
4.3.2.	Densidad básica.....	36
4.3.2.1.	Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la densidad básica.....	36
4.3.3.	Densidad anhidra.....	39
4.3.3.1.	Influencia de los factores parte del árbol	

	y orientación respecto a la densidad anhidra	39
4.4.	Determinación de la Contracción.....	42
4.4.1.	Contracción tangencial.....	42
4.4.1.1.	Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la contracción tangencial ..	42
4.4.2.	Contracción radial	45
4.4.2.1.	Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la contracción radial.....	45
4.4.3.	Contracción volumétrica.....	47
4.4.3.1.	Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la contracción volumétrica	47
4.5.	Determinación del coeficiente estabilidad dimensional.....	50
4.5.1.	Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto al coeficiente de estabilidad dimensional	50
V.	CONCLUSIONES	53
VI.	RECOMENDACIONES.....	54
VII.	ABSTRACT.....	55
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
IX.	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación de la madera al 12 % de contenido de humedad.....	6
2. Clasificación de la madera según la densidad básica.....	7
3. Denominación de la madera en función al contenido de humedad.....	9
4. Clasificación de la madera según contracción volumétrica.....	11
5. Clasificación de la madera según la relación de contracción tangencial y radial.....	18
6. Propiedades físicas de algunas especies forestales.....	19
7. Factores estudiados y sus correspondientes niveles.....	27
8. Análisis de varianza.....	27
9. Propiedades físicas de carahuasca (<i>Guatteria hyposericea</i> Diels) procedente del BRUNAS.....	30
10. Promedio de propiedades físicas de las ramas de carahuasca (<i>Guatteria hyposericea</i> Diels).....	31
11. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol en el contenido de humedad (%).....	32
12. Prueba de Duncan para el factor orientación en el contenido de humedad(%).....	32
13. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto al contenido de humedad (%).....	33
14. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la densidad saturada (DS) (gr/cm^3).....	34
15. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la densidad saturada (DS) (gr/cm^3).....	35
16. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad saturada (DS) (gr/cm^3).....	35
17. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la densidad básica (DB) (gr/cm^3).....	37
18. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la densidad básica (DB) (gr/cm^3).....	37

19. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad básica (DB) (gr/cm^3)	38
20. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la densidad anhidra (DA) (gr/cm^3)	39
21. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la densidad anhidra (DA) (gr/cm^3)	39
22. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad anhidra (DA) (gr/cm^3)	40
23. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la contracción tangencial (CT) (%)	43
24. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la contracción tangencial (CT) (%)	43
25. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción tangencial (CT) (%).....	44
26. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la contracción radial (CR) (%)	45
27. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la contracción radial (CR) (%)	45
28. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción radial (CR) (%).....	46
29. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la contracción volumétrica (Cv) (%).....	48
30. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la contracción volumétrica (Cv) (%).....	48
31. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción volumétrica (Cv) (%).....	49
32. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto al coeficiente de estabilidad dimensional (T/R)	51
33. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto al coeficiente de estabilidad dimensional (T/R)	51
34. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto al coeficiente de estabilidad (T/R)	52

35.	ANVA para el contenido de humedad.....	62
36.	ANVA para la densidad saturada.....	62
37.	ANVA para la densidad básica	63
38.	ANVA para la densidad anhidra.....	63
39.	ANVA para la contracción tangencial.....	64
41.	ANVA para la contracción volumétrica.....	65
42.	ANVA para el coeficiente de estabilidad	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Partes del árbol consideradas para el estudio	22
2. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto al contenido de humedad	33
3. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad saturada	36
4. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad básica	38
5. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad anhidra	41
6. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción tangencial	44
7. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción radial	47
8. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción volumétrica	49
9. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto al coeficiente de estabilidad	52
10. Relación entre el contenido de humedad – densidad	66
11. Relación entre la densidad básica – contracción	66
12. Relación entre las combinaciones – contenido de humedad	67
13. Relación entre las combinaciones - densidad	67
14. Relación entre las combinaciones - contracción	68
15. Flores y frutos de <i>Guatteria hyposericea</i> Diels.	69
16. Determinando la orientación cardinal del árbol	69
17. Realizando el apeo del árbol	70
18. Realizando medición de una probeta con el micrómetro	70
19. Determinando la densidad de probetas por el principio de Arquímedes	71

RESUMEN

Carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) es una especie utilizada en el aserrío, carpintería, mueblería, cajonería, carrocerías, estructuras, encofrados, laminados, mango de herramientas, etc pero algunos de estos usos no han sido validados científicamente a través de sus propiedades físicas. El propósito del presente trabajo de investigación fue: Determinar las propiedades físicas tales como: contenido de humedad (CH), densidad saturada (DS), densidad básica (DB), la densidad anhidra (DA), contracción tangencial (CT), contracción radial (CR), contracción volumétrica (Cv) y el coeficiente de estabilidad dimensional (CED) en el fuste y ramas de *Guatteria hyposericea* Diels. El contenido de humedad, la densidad y la contracción se determinó mediante las normas ITINTEC 251.010, ITINTEC 251.011 y ITINTEC 251.012 respectivamente. El contenido de humedad para el fuste fue 87,68 % y para las ramas fue 66.24 %. La densidad saturada, densidad básica y densidad anhidra para el fuste fue 0,72; 0,42 y 0,47 gr/cm³ respectivamente y para la rama la densidad saturada, densidad básica y densidad anhidra fue 0,97; 0,59 y 0,64 gr/cm³ respectivamente. La contracción tangencial, contracción radial, contracción volumétrica y el coeficiente de estabilidad dimensional para el fuste fue 8,58 %; 4,96 %; 11,95 % y 2,26 respectivamente y para la rama la contracción tangencial, contracción radial, contracción volumétrica y el coeficiente de estabilidad dimensional fue 5,92 %; 5,18 %; 9,79 % y 21,40 respectivamente. En conclusión los resultados indican que *Guatteria hyposericea* Diels es una especie con un potencial muy bueno para poder incluir dentro de la industria forestal.

I. INTRODUCCIÓN

La madera durante su vida útil sufre cambios dimensionales, aumento o disminución, como respuesta a las variaciones de contenido de humedad que se registran en su interior. Estos cambios dimensionales se originan debido a que la madera está formada por polímeros que contienen grupos hidroxilos y otros grupos funcionales con oxígeno que atraen a la humedad a través de puentes de hidrógeno. Los cambios dimensionales de la madera se realizan cuando las paredes celulares de la madera empiezan a perder el agua presente en ellas. A este punto se le denomina punto de saturación de la fibra.

La variación de las propiedades físicas de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) no son conocidas, es decir no existen investigaciones que permitan predecir los usos posteriores que se le podrían dar a esta especie, tal es así que el desconocimiento de estas propiedades en los diferentes niveles de altura del fuste y en las ramas, no permiten el aprovechamiento adecuado en la industria forestal, ya que depende de esas características para que esta madera pueda ser trabajada y se le pueda dar un valor agregado en la comercialización.

La importancia del presente trabajo, radica en la utilización de la industria que les permitirá dar el uso adecuado de esta especie en los diferentes valores agregados que se le podrían dar y tal es así que la justificación estaría enmarcado en el uso sostenible en el aprovechamiento que se le pueda dar a esta especie.

La inestabilidad dimensional de la madera ante cambios en las condiciones atmosféricas y la poca durabilidad de muchas especies, han motivado la investigación para determinar las propiedades físicas en diferentes niveles de altura del fuste y en las ramas que tiendan a mejorar el uso de esta especie.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

- Determinar las propiedades físicas en el fuste y ramas de la carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) en Tingo María

1.1.2. Específicos

- Determinar el contenido de humedad en el fuste y ramas de la carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels)
- Determinar la densidad saturada (DS), densidad básica (DB) y la densidad anhidra (DA) en el fuste y ramas de la carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels)
- Determinar del cambio dimensional en el fuste y ramas de la carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción taxonómica de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels)

CRONQUIST (1981) da la siguiente clasificación:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Sub clase	: Magnoliidae
Orden	: Magnoliales
Familia	: ANONACEAE
Genero	: <i>Guatteria</i>
Nombre científico	: <i>Guatteria hyposericea</i> Diels

2.1.1. Características de la especie

La carahuasca es un árbol de 20 a 30 metros de altura y tronco de 25 a 50 cm de diámetro. La corteza es característica y se desprende en largas tiras que sirven a los lugareños como sogas.

2.1.2. Procedencia y antecedentes

Según los resultados de los inventarios forestales disponibles de acuerdo a la zona, el volumen bruto de carahuasca varía entre 0,62 y 2,26 m³ por ha. La carahuasca habita los bosques primarios de terrenos inundados y periódicamente inundados. La distribución se extiende sobre la amazonía central peruana y brasilera. En el Perú, en Loreto y Ucayali principalmente. Los antecedentes sobre madera serrada no se registran, su corteza que se

desprende en tiras, es muy usada por los lugareños como sogas para hacer amarres (OIMT, 1999)

2.1.3. Propiedades físicas

Densidad básica	: 0,52 gr/cm ³
Contracción tangencial	: 7,98 %
Contracción radial	: 3,91 %
Contracción volumétrica	: 11,50 %
Relación tangencial/radial	: 2,04

2.1.4. Aserrío y secado

De fácil aserrío, no sierras potentes. La carahuasca presenta una madera homogénea libre de tensiones, aunque la madera es traposa. No presenta sílice. Se comporta bien ante un programa de secado artificial. En el secado natural corre el riesgo de mancharse (OIMT, 1999).

2.1.5. Durabilidad natural y usos

Bastante susceptible al ataque de hongos cromógenos (mancha). La preservación con baño caliente-frio o vacío-presión hace que el preservante penetre completamente a la albura y duramen. Los usos son en carpintería, mueblería, cajonería, carrocerías, estructuras, encofrados, laminados, mango de herramientas (OIMT, 1999).

2.2. Propiedades físicas de la madera

2.2.1. Densidad

ANANIAS (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).

JUNAC (1981) 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.

Cuadro 1. Clasificación de la madera al 12 % de contenido de humedad

Clase	Densidad Normal (gr/cm ³)	
	Coníferas	Latifoliadas
Muy livianas	< 0,400	< 0,500
Livianas	0,400 – 0,499	0,500 – 0,649
Pesadas	0,600 – 0,700	0,800 – 0,950
Muy pesadas	> 0,700	> 0,950

Fuente: CAMPOS *et al.* (1990).

2.2.2.1. Densidad básica de la madera

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. 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 (COORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA, 2003).

GRIGORIEV (1985) menciona 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) manifiesta que, el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas

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

Cuadro 2. Clasificación de la madera según la densidad básica

Grupo	Rango	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: ARÓSTEGUI (1982)

2.2.2. Contenido de humedad

PÉREZ (1983) y CUEVAS (2003) mencionan que, en un árbol recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido de humedad 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 vivo. 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) 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. 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.

HERMINIO (2003) menciona que, el agua en la madera es uno 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 del 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.

Cuadro 3. Denominación de la madera en función al contenido de humedad

Denominación	CH (%)	Lugar de ubicación
Madera verde	80 a 200	Bajo cubierta en el bosque
Madera húmeda	25 a 80	Recién cortada, en patio de trozas
Madera poco seca	20 a 25	Aire libre
Madera seca al aire	15 a 20	Bajo techo
Madera muy seca	8 a 15	Interiores
Madera anhidra	0	En laboratorio

Fuente: GRIGORIEV (1985).

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 anisotrópico 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 las especies frondosas la humedad de la albura no varía y la humedad del duramen disminuye por el tronco hacia arriba. En los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en 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, 1959).

2.2.3. La contracción de la madera

Es la disminución o pérdida de volumen de la madera, bajo el PSF y se expresa como porcentaje de la dimensión de la madera en estado verde. Además, es una de las características más indeseables de la madera y es la responsable en gran medida, de los inconvenientes y dificultades que se encuentran con ella en la construcción (PÉREZ, 1983). Esta se produce, como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa amorfa y aproximarse unas a otras microfibrillas. La contracción es proporcional al descenso del CH bajo el PSF (CUEVAS, 2003)

Cuadro 4. Clasificación de la madera según contracción volumétrica

Grupo	Rango	Clasificación
I	Menos de 9	Muy baja (MB)
II	De 9,1 a 11	Baja (B)
III	De 11,1 a 13	Media (M)
IV	De 13,1 a 15	Alta (A)
V	Más de 15,1	Muy alta (MA)

Fuente: ARÓSTEGUI (1982)

La causa de los cambios dimensionales se debe a la pérdida o ganancia del agua higroscópica entre la estructura celulósica de la pared celular, se puede considerar que las maderas con mayor densidad contiene más agua higroscópica que las de menor densidad y por eso las de mayor densidad tienen mayor contracción que las de menor densidad. Cuanto mayor es la diferencia en la contracción radial y tangencial, significa que la distorsión será mayor en el secado eventualmente, la madera llega a estabilizar sus dimensiones con un equilibrio de 12 % de contenido de humedad. La contracción tangencial es mayor que la contracción radial, una de las razones, es el efecto restrictivo de las células horizontales de los radios medulares. Cabe resaltar que en la mayoría de las especies la contracción radial es sólo un 50 % del valor de la contracción tangencial. Proporcionalmente como un promedio de todas las especies, la contracción en las tres direcciones principales (tangencial, radial, longitudinal) tiene una razón de 100:50:1 aproximadamente (DÍAZ, 2005).

Como la madera tiene un comportamiento anisotrópico, los cambios dimensionales normales de la madera son de magnitud diferentes en las direcciones tangenciales, radiales y longitudinales. La contracción tangencial es 1,5 a 3 veces mayor que la contracción radial y la contracción longitudinal es normalmente despreciable en la madera. Las diferencias entre contracción tangencial y radial son debidas por una parte al potencial favorecimiento de la contracción en el sentido tangencial que hacen las bandas

de madera de verano, particularmente en coníferas y por otra a la restricción a los cambios dimensionales que ejercen los radios leñosos en la dirección radial de la madera. La limitada contracción longitudinal es debida a la orientación longitudinal de los principales tejidos constituyentes de la madera. Ciertos defectos que ocurren durante el secado de la madera son ocasionados por las diferencias de contracción tangencial y radial, particularmente el defecto denominado acanaladura. Mientras mayor es la relación Ctg/Crd las maderas son más nerviosas (ANANIAS, 1992).

La contracción de la madera es proporcional a la pérdida de humedad por debajo del PSF y por cada 1 % de pérdida de humedad, la madera se contrae aproximadamente en 1/30. De modo que una madera seca al 15 % de humedad (seca al aire) ha alcanzado la mitad de la contracción posible y cuando se seque al horno hasta el 6 % o peso seco constante, llegara a 4/5 partes de la contracción total posible (GONZÁLEZ, 1996).

KOLLMANN (1959) señala que, la variación y expansión de la madera son los cambios dimensionales, tanto en el sentido radial, tangencial y longitudinal, que sufre la madera como consecuencia de la variación de su contenido de humedad, por debajo del PSF. La relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Existe además, una relación entre los coeficientes de contracción en dirección tangencial y radial ($R_{t/r}$). Cuanto más coincidentes sean las contracciones radial y tangencial, menos tensiones se producen en la madera y más estabilidad tendrá. Por lo que, maderas con relación entre coeficientes $R_{t/r} > 2$ presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería (VIGNOTE, 2000).

2.3. Agua en la madera

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, según JUNAC (1984). 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.

GONZÁLES (1970) manifiesta que, el agua susceptible de ser eliminada por secado presenta dos formas. El agua libre ocupa las cavidades celulares o lumen de los elementos vasculares y depende linealmente de la densidad básica, la que a su vez es función directa del volumen de poros, según la siguiente ecuación:

$$CH_{\max} = \frac{1,56 - DB}{(1,56)(DB)} * 100$$

Donde:

- CH_{max} : Es el máximo contenido de humedad, expresado en porcentaje
- DB : Es la densidad básica o relación del peso seco en estufa y el volumen saturado, determinado en un ensayo normalizado de laboratorio, expresado en gr/cm³
- 1,56 : Es un valor constante asignado como la densidad real de los principales componentes de la madera, básicamente celulosa

HILDEBRANT (1962) manifiesta que, la velocidad de eliminación del agua libre depende de las condiciones del medio, básicamente de la humedad relativa y la temperatura. También depende del diámetro de las cavidades celulares, que define las fuerzas de atracción capilar. En los puntos en que se ha evaporado el agua libre se inicia la difusión del agua higroscópica en forma de vapor de la pared celular a la cavidad celular, en donde se condensa en forma líquida.

El agua higroscópica tiene especial relevancia, ya que durante su eliminación se inicia la contracción de la madera. Según Siau, citado por JUNAC (1984) manifiesta que, el margen del punto de saturación de la fibra está entre 21 a 32 % para la mayor parte de las maderas latifoliadas. Por debajo del punto de saturación de la fibra se produce la migración de la humedad en virtud de las diferencias de presión parcial de vapor de agua, con predominio de la difusión de vapor de agua por las paredes celulares y los poros, así como por las cavidades celulares. A temperatura constante la cantidad de agua difundida depende de la gradiente de humedad; con elevación de la temperatura aumenta la difusión del vapor de agua y, consecuentemente, aumenta la velocidad de secado.

2.4. Influencia en la madera de los factores internos y externos

PANSHIN y DE ZEEUW (1980), han 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; TUSET y DURAN (1980) agrega que, también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

Así como Larson, citado por HAYGREEN y BOWYER (1982), señala que durante la formación de la madera numerosos factores dentro y fuera del árbol, nos llevan a la variación en tipo, número, forma, estructura física y composición química de los componentes de la madera. HAYGREEN y BOWYER (1982) añade que, esto conlleva al tema de la calidad de la madera, al que define como una medida de las características de la madera que influyen las propiedades de los productos elaborados a partir de ella. BRAVO (1993) agrega que, la calidad de la madera debe incluirse al establecer la aptitud de uso de la madera.

También para Guzmán, citado por FACHIN (1986), las tendencias

hereditarias y los factores ambientales como suelo, precipitación, viento, luz, afectan la estructura de la madera y por lo tanto las propiedades físico-mecánicas, lo que estableció en base a la investigación de la variación del peso específico de la madera observando que se debe a diferencias en su estructura y a la presencia de constituyentes extraños.

En cuanto al factor interno herencia genética, ARROYO (1983) menciona que todavía no se ha establecido el efecto que produce en la variabilidad de las propiedades de la madera.

El mismo autor nos dice que la variabilidad como resultante de factores externos o condiciones de crecimiento ha sido investigada pero aun no se ha llegado a conclusiones uniformes en cuanto a que propiedades son las más afectadas o cual de los factores es el que más influye, pero puede decir que en cuanto a tratamientos silviculturales, este ha demostrado tener mayor efecto sobre algunas propiedades de la madera, mediante la manipulación del distanciamiento de plantación e incidencia de luz, estimulación del crecimiento con fertilizantes, disponibilidad de agua y ubicación geográfica.

Así mismo CASTRO (1972) manifiesta que, el factor externo suelo ejerce gran influencia en el desarrollo del árbol y esto se ve reflejado en la calidad de la madera, es así cuando el terreno es húmedo la fibra resulta ligera y esponjosa siendo el exceso de agua el que impide que la savia se concentre y forme un tejido compacto, en cambio los árboles de maderas duras se desarrollan en terrenos secos y arcillosos.

2.5. Factores que inciden en el secado de la madera

2.5.1. Factores de la madera

2.5.1.1. Influencia de la estructura anatómica

GONZÁLES (1970) menciona que, la dirección del grano o disposición de los elementos estructurales de la madera influye en la velocidad de secado y en la formación de defectos y deformaciones. De acuerdo con HUNT y GARRAT (1966), a través de las perforaciones y de los poros se verifica la circulación longitudinal y axial de líquidos y gases. Su eficacia depende de estar libre de inclusiones y de tilosis y de la permeabilidad de los tejidos circundantes, así como el tamaño, número y distribución. En las maderas de poros difusos, los poros son aproximadamente iguales y están regularmente dispersos, por tanto la circulación de agua tiende a ser más rápida. Las fibras no son muy aptas para la conducción de líquidos, aunque su permeabilidad relativa puede tener notable influencia en la extensión subsiguiente de líquidos procedentes de los vasos. El parénquima, tanto el leñoso como el radial, no favorece la circulación de los líquidos, debido a la presencia de poros simples, pero facilita la salida de vapor de agua a través de aberturas finísimas.

2.5.1.2. La higroscopicidad

SOLANO (1998) manifiesta que, la higroscopicidad, es la característica que tienen los cuerpos porosos, entre ellos la madera de perder o ganar humedad de acuerdo al medio ambiente donde se encuentra. Esta propiedad tiene gran influencia en el secado ya que mediante ella se logra que la madera pierda humedad, cambiando las condiciones climáticas del sitio donde se encuentre, (horno de secado). En un clima cualquiera la madera adquiere un contenido de humedad determinado que se conoce como CHE.

2.5.1.3. La anisotropía

De acuerdo a SOLANO (1998) sostiene que, la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinales, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado, ya que la mayoría de ellos son producidos por efectos de las contracciones o disminuciones de dimensiones diferentes de cada uno de los tres planos y se presentan después que la madera ha perdido el agua libre y empieza a perder el agua fija. La contracción tangencial es mayor que la radial y esta mayor que la longitudinal pudiendo decirse que la tangencial fluctúa entre 3,5 % a 15 %, la radial varía entre 2,4 % a 11 % y la longitudinal varía entre 0,1 % a 0,9 %. La relación entre la contracción tangencial y la contracción radial es el coeficiente de estabilidad dimensional (CED). Si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efectos del secado serían despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución desigual de dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumentan las pérdidas de madera durante el proceso de secado. El valor del CED incide directamente sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto CED. La contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas, rajaduras y deformaciones si el secado es muy rápido.

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

Grupo	Rango (T/R)	Clasificación	Estabilidad
I	Menos de 1,5	Muy baja (MB)	Muy estable (ME)
II	De 1,51 a 2	Baja (B)	Estable (E)
III	De 2,41 a 2,5	Media (M)	Mod. Estable (M)
IV	De 2,5 a 3	Alta (A)	Inestable (I)
V	Más de 3,1	Muy alta (MA)	Muy inestable (MI)

Fuente: ARÓSTEGUI (1982)

2.6. Algunas investigaciones

ARÓSTEGUI (1975), realizó el estudio de la especie *Ocotea contulata* (moena canela), su madera posee grano recto, textura media radios finos, presencia de inclusiones, densidad básica media, relación contracción tangencial y radial 1 - 6; lo que indica que es una madera estable, con un buen comportamiento al secado y de resistencia mecánica media. Sus usos se limitan a construcciones de viviendas, estructuras, obras de carpintería y encofrados.

Por otro lado estudios realizados por MADEARAS PERUANAS (2005), reporta los siguientes resultados respecto a las propiedades físicas de algunas especies, como se observa en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Propiedades físicas de algunas especies forestales

Especie forestal	DB(g/cm ³) ¹	CT(%) ²	CR(%) ³	CV(%) ⁴	(T/R) ⁵
<i>Machaerium inundatum</i>	0,73	4,90	2,70	7,47	1,80
<i>Guazuma crinita</i>	0,41	5,50	3,50	10,75	1,60
<i>Cariniana decandra</i>	0,59	7,58	4,90	12,10	1,50
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	0,76	9,00	5,00	15,00	2,30
<i>Hura crepitans</i>	0,41	5,81	3,43	9,00	2,30
<i>Copaifera affinalis</i>	0,61	7,00	3,40	10,70	2,30
<i>Myroxylon balsamun</i>	0,78	6,52	4,16	9,97	1,56
<i>Macrolobium acaciaefolium</i>	0,40	7,00	3,70	10,40	1,90
<i>Manilkara bidentada</i>	0,87	11,01	6,76	15,80	2,20
<i>Dipteryx micrantha</i>	0,87	9,10	5,50	15,00	1,60
<i>Tabebuia serratifolia</i>	0,92	8,88	5,69	13,85	1,56

¹DB (densidad básica), ²CT (contracción tangencial), ³CR (contracción radial), ⁴CV (contracción volumétrica), ⁵T/R (relación contracción tangencial - radial).

KOLLMANN (1959), PADT-REFORT/JUNAC (1984), MENDES y TAYLOR (1985), entre otros autores, definen y clasifican los diferentes tipos de defectos que se presentan en la madera aserrada después de un proceso de secado, entre ellos los más importantes son abarquillado, arqueadura, encorvadura, torcedura, grietas y rajaduras. MELO (1987) afirma que los factores que afectan al proceso de secado de una determina especie son procedencia, condiciones climáticas, edáficas, edad, posición. La estructura anatómica y las dimensiones de los elementos que varían de una a otra especie, son consideradas como factores preponderantes para establecer patrones definidos del comportamiento al secado de la madera aserrad

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Propiedades Físicas de la madera de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.1.1. Ubicación política

Localidad : Tingo María.
Distrito : Rupa Rupa.
Provincia : Leoncio Prado.
Departamento : Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud : 09° 09 00" Sur
Longitud : 75° 57 00" Oeste
Altitud : 660 m.s.n.m.

3.1.3. Zona de vida

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zona de vida o de formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimática de Leslie R. Holdridge la ciudad de Tingo Maria se encuentra en la formación vegetal de Bosque muy Húmedo Sub-Tropical (bmh- ST)

3.1.4. Características climáticas

Temperatura Máxima	: 29,3 °C
Temperatura Mínima	: 19,5 °C
Temperatura Promedio Anual	: 24,2 °C
Precipitación Promedio Anual	: 3200 mm.
Humedad Relativa	: 76 %

Fuente: Estación meteorología y climatología "José Abelardo Quiñónez "

3.2. Material biológico

El material biológico para el presente trabajo de investigación fue árboles de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels).

3.3. Metodología

3.3.1. Fase de campo

3.3.1.1. Selección de árboles de carahuasca *Guatteria hyposericea* Diels

Se realizó una selección y colección según la norma ITINTEC 251.002, la que establece un mínimo de cinco árboles por especies, en este caso se utilizó árboles de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels).

Para la selección se consideró árboles de buen fuste, recto, sin ramificación baja, ni daños biológicos.

3.3.1.2. Obtención de muestras

Los árboles seleccionados fueron extraídos del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS). El árbol seleccionado fue apeado con una motosierra en tres secciones de dimensiones

(2 m) del fuste (base, medio, ápice) y también las ramas fueron colectadas, como se muestra en la Figura 1, también se tuvo en cuenta la cardinalidad (orientación) del árbol y de las ramas. Para determinar la cardinalidad se usó una brújula marca SUUNTO, en primer lugar se ubico el norte magnético para después orientar el fuste tanto al norte como al sur y luego se codifico para mantener orden correcto de las orientaciones.

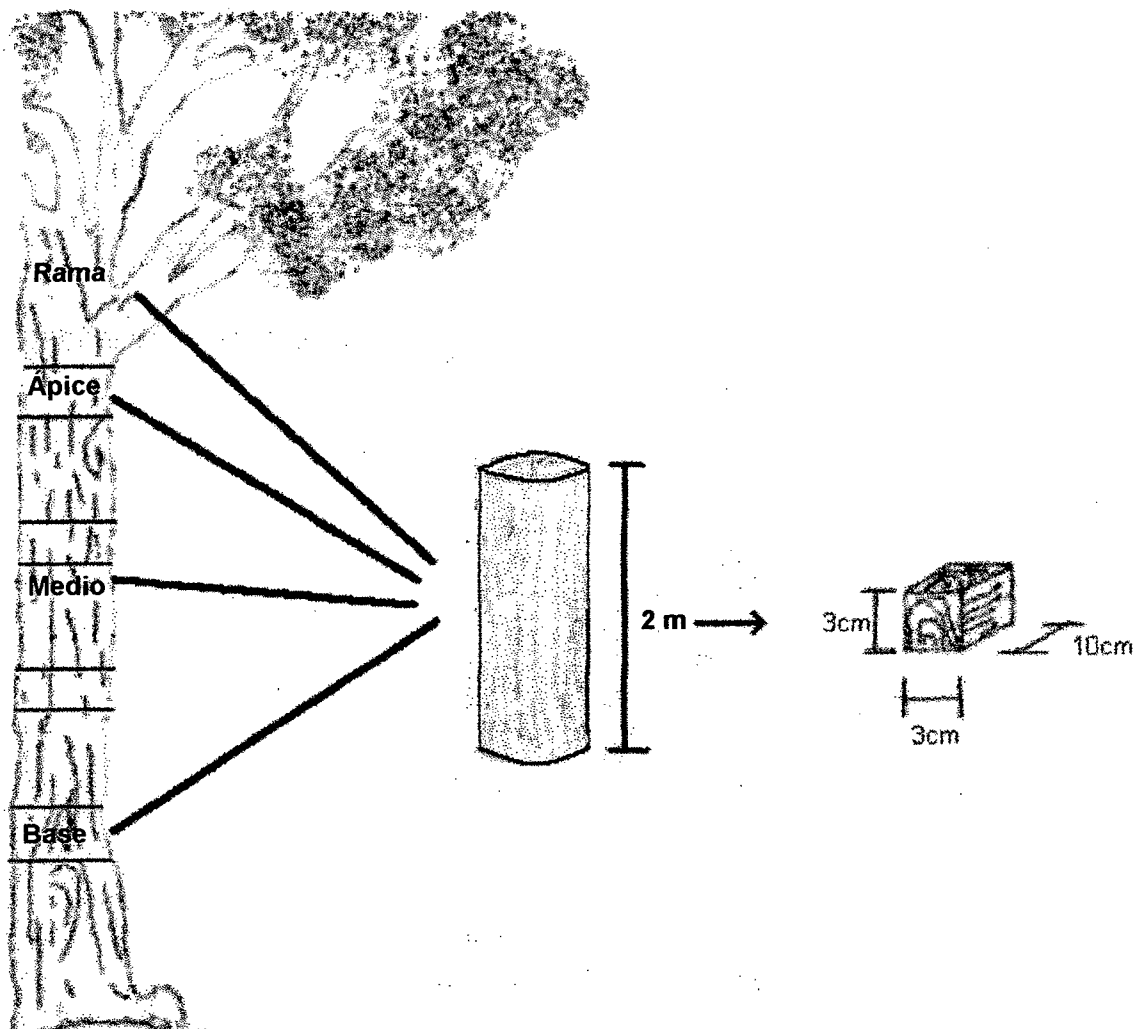


Figura 1. Partes del árbol consideradas para el estudio

3.3.2. Fase post campo

3.3.2.1. Preparación de las probetas

La preparación de las probetas fue de dimensiones: 3 cm x 3 cm x 10 cm. Esta fase se realizó siguiendo la metodología según norma ITINTEC 251.008 y 251.009

3.3.2.2. Codificación de las probetas

Se codificó las probetas de la siguiente manera: 1FAN1, 1FAS1, 1FMN1, 1FMS1, 1FBN1, 1FBS1.....; haciendo las repeticiones de cada una de ellas enumerándole consecutivamente cada muestra.

Donde:

- 1FAN1 : Árbol uno, fuste, ápice, norte, probeta uno
- 1FAS1 : Árbol uno, fuste, ápice, sur, probeta uno
- 1FMN1 : Árbol uno, fuste, medio, norte, probeta uno
- 1FMS1 : Árbol uno, fuste, medio, sur, probeta uno
- 1FBN1 : Árbol uno, fuste, base, norte, probeta uno
- 1FBS1 : Árbol uno, fuste, base, sur, probeta uno
- 1RN1 : Árbol uno, fuste, rama, norte, probeta uno
- 1RS1 : Árbol uno, fuste, rama, sur, probeta uno

3.3.3. Fase de laboratorio

3.3.3.1. Método de determinación del contenido de humedad

Para la determinación del contenido de humedad, se realizó en base a la norma nacional ITINTEC 251.010

Para esta prueba se trasladó las muestras y se colocaron en la estufa para un calentamiento gradual por día, a temperaturas desde 30 °C, 40

°C, 50 °C, 60 °C... 100 °C, luego de transcurrido los días y llegado a un peso constante de las probetas a la última temperatura, se procedió a retirar las muestras de la estufa y luego se puso al desecador por espacio de 15 minutos, para posteriormente sacar las probetas del desecador y se les pesó nuevamente, tomando los datos del análisis para los resultados del peso seco al horno (Psh).

El contenido de humedad se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CH(s) = \frac{Ph - Psh}{Psh} \times 100$$

CH (s) = Contenido de humedad en condición seca

Ph = Peso húmedo

Psh = Peso seco al horno

3.3.3.2. Método de determinación de la densidad

La densidad se determinó siguiendo la norma ITINTEC 251.011 en primer lugar se pesó las probetas en estado húmedo (recién cortado) para obtener el peso húmedo (Ph). El volumen húmedo (Vh) se determinó en forma indirecta (principio de Arquímedes) sumergiendo la probeta en un peso conocido de agua sin tocar el fondo del recipiente y se registró el incremento de peso correspondiente, que representó el volumen de la probeta. Seguidamente se aplicó un calentamiento gradual por cada día de 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, y finalmente a 103 °C ± 2 °C, dejando a esta temperatura no menor de 20 horas. Seguidamente se retiraron las probetas de la estufa, se dejó enfriar por medio del desecador y se pesaron y este tratamiento se repitió hasta un peso constante, o sea el 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 (principio de Arquímedes).

a. Densidad saturada

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

Donde:

DS = Densidad saturada

Ph = Peso húmedo

Vh = Volumen húmedo

b. Densidad básica

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

Donde:

DB = Densidad básica

Psh= Peso seco al horno

Vh = Volumen húmedo

c. Densidad anhidra

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

Donde:

DA = Densidad anhidra.

Psh= Peso seco al horno.

Vsh= Volumen seco al horno.

3.3.3.3. Método de determinación de la contracción

Para determinar esta propiedad se utilizó la metodología para la determinación de la contracción ó cambio dimensional, en la madera siguiendo la norma ITINTEC 251.012

Para esta prueba se tomó las medidas de ambas caras nuevamente,

siendo para la cara tangencial colocando el vernier en la cara radial, y para la cara radial, se colocó el vernier en la cara tangencial, se obvió el cálculo de la contracción longitudinal, ya que según estudios la contracción es casi nula.

a. Contracción tangencial total

$$CTt = \frac{Dth - Dtsh}{Dth} \times 100$$

Donde:

CTt = Contracción tangencial total

Dth = Dimensión tangencial húmeda

Dtsh = Dimensión tangencial seca al horno

b. Contracción radial total

$$CRt = \frac{Drh - Drsh}{Drh} \times 100$$

Donde:

CRt = Contracción radial total.

Drh = Dimensión radial húmeda

Drsh = Dimensión radial seca al horno

c. Contracción volumétrica total

$$CVt = \frac{Vh - Vsh}{Vh} \times 100$$

Donde:

CVt = Contracción volumétrica total

Vh = Volumen húmedo

Vsh = Volumen seco al horno

3.4. Diseño experimental y factores estudiados

Se utilizó un diseño experimental de bloques completo al azar (DBCA) con un arreglo factorial de 4A X 2B.

Cuadro 7. Factores estudiados y sus correspondientes niveles

Factores	Niveles	Símbolo
A. Parte del árbol	Base	A ₁
	Medio	A ₂
	Ápice	A ₃
	Rama	A ₄
B. Orientación	Norte	B ₁
	Sur	B ₂

3.5. Análisis estadístico

Los datos se analizaron bajo un Diseño Completamente al Azar (con 8 tratamientos y 5 repeticiones) con un arreglo factorial de 4A X 2B, las mismas que se muestran en el Cuadro 8. Para comparar la diferencia entre promedios se utilizó la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Cuadro 8. Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloques	$r-1=4$
Parte del árbol (A)	$a-1 = 3$
Orientación (B)	$b-1 = 1$
A * B	$(a-1)*(b-1) = 3$
Error experimental	$(a*b-1)(r-1) = 28$
Total	39

3.5.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Bloque}_i + A_j + B_k + (A*B)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde :

Y_{ijk} : Variable respuesta u observación

μ : Media poblacional

A_i : Efecto del i – ésimo parte del árbol

B_k : Efecto del k – ésimo orientación de la parte del árbol

$(A*B)_{jk}$: Efecto de la interacción del i- ésimo nivel del factor parte del árbol con el j – ésimo nivel del factor orientación de la parte del árbol.

E_{ijk} : Error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades físicas de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels)

Como se puede observar las propiedades físicas de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) se muestran en el Cuadro 9, tales como: el contenido de humedad, densidad saturada, densidad básica, densidad anhidra, contracción tangencial, contracción radial, contracción volumétrica y el coeficiente de estabilidad dimensional con valores de 87,68 %; 0,79 gr/cm³; 0,42 gr/cm³; 0,42 gr/cm³; 8,58 %; 4,96 %; 11,95% y 2,26 respectivamente; comparando estos valores reportados en la presente investigación con los valores reportados en el Cuadro 6, se observa diferencias frente a estas especies y carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) tal es así que esta diferencia numérica se debe a diferentes factores tales como la estructura anatómica de cada especie, el lugar de procedencia, a la edad, aspectos genéticos de cada especie, etc. (TUSET y DURAN, 1980).

La densidad básica de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) se ubica dentro del grupo III de la clasificación siendo una especie de densidad media y estando sujeto a presentar buen comportamiento al trabajo con máquinas de carpintería, regular en cuanto a sus propiedades de contracción, resistencia mecánica y durabilidad. También fácilmente se puede mejorar su durabilidad por su buen comportamiento a la retención y penetración de los productos químicos. De acuerdo a sus propiedades, estas maderas son utilizadas en la industria de la construcción: encofrados, revestimientos, estructuras clavadas y empernadas, así como en carpintería de obra, por ejemplo de puertas y ventanas (AROSTEGUI, 1982). Por otro lado la contracción volumétrica se ubica dentro del Grupo III, que tiene un rango de 11,1 a 13 % presentando una clasificación media (M) (AROSTEGUI, 1982;

PEREZ, 1983). Los valores encontrados respecto a la relación (T/R) para carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) es de 2,26 por lo tanto este tipo de madera se encuentra en un clasificación media (M) y una estabilidad de moderadamente estable (M) (AROSTEGUI, 1982). KOLLMANN (1959) manifiesta que, la relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera, cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Cuadro 9. Propiedades físicas de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) procedente del BRUNAS

CODIGO	Propiedades físicas							
	CH(%)	DS(gr/cm ³)	DB(gr/cm ³)	DA(gr/cm ³)	CT(%)	CR(%)	CV(%)	T/R
FBN	97,48	0,74	0,38	0,43	8,70	6,23	13,08	1,88
FBS	94,46	0,77	0,40	0,45	8,60	5,24	12,16	2,14
FMN	90,24	0,71	0,37	0,42	8,28	4,57	11,21	2,22
FMS	84,44	0,77	0,42	0,48	10,21	4,32	12,95	3,07
FAN	79,31	0,89	0,50	0,55	7,63	4,65	10,86	2,02
FAS	80,17	0,84	0,47	0,52	8,08	4,75	11,43	2,25
Promedio	87,68	0,79	0,42	0,47	8,58	4,96	11,95	2,26

Las propiedades físicas de las ramas (Cuadro 10) se muestra respecto a los parámetros registrando para el contenido de humedad (CH), densidad saturada (DS), densidad básica (DB), densidad anhidra (DA), contracción tangencial (CT), contracción volumétrica (Cv) y el coeficiente de estabilidad dimensional (T/R) con valores de 66,24 %, 0,97 gr/cm³; 0,59 gr/cm³; 0,64 gr/cm³; 5,92 %; 5,18 %; 9,79 % y 1,40 respectivamente.

Cuadro 10. Promedio de propiedades físicas de las ramas de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels)

CODIGO	Propiedades físicas							
	CH(%)	DS(gr/cm ³)	DB(gr/cm ³)	DA(gr/cm ³)	CT(%)	CR(%)	CV(%)	T/R
RN	65,87	0,99	0,60	0,66	5,61	5,47	9,82	1,32
RS	66,61	0,95	0,58	0,63	6,23	4,90	9,77	1,48
Promedio	66,24	0,97	0,59	0,64	5,92	5,18	9,79	1,40

4.2. Determinación del contenido de humedad

4.2.1. Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto al contenido de humedad

La prueba de Duncan para el factor parte del árbol, muestra el contenido de humedad (Cuadro 11), existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$), siendo superior la base respecto a los demás con un valor de 95,97 % seguido por la parte media con un valor de 87,34 %, luego el ápice con 79,74 % y la rama con 66,24 %, estableciéndose el siguiente orden Base>Medio>Ápice>Rama; al respecto KOLLMANN (1959) menciona que, el contenido de humedad en el árbol varía según la altura, el diámetro del tronco y la temporada del año; asimismo podemos mencionar que los árboles jóvenes contienen mayor humedad y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles jóvenes. Por otra parte en el Cuadro 12, se muestra la prueba de Duncan ($p < 0,05$), para el factor orientación, donde se observa que no existe diferencia estadística entre la orientaciones norte y sur, pero siendo mayor numéricamente la orientación sur con un valor de 83,22 %.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol en el contenido de humedad (%)

Parte del árbol	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
Base	95,97	a
Medio	87,34	b
Ápice	79,74	c
Rama	66,24	d

¹Los valores representan el promedio. Las letras (a-d); representan diferencia estadística entre partes del árbol. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

Cuadro 12. Prueba de Duncan para el factor orientación en el contenido de humedad (%)

Orientación	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
Norte	83,22	a
Sur	81,42	a

¹Los valores representan el promedio. La letras a; representan diferencia estadística entre orientaciones. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

La prueba de Duncan para las interacciones (Cuadro 13 y Figura 2), se observa que no existe diferencia significativa entre las combinaciones respecto al contenido de humedad, representando el mayor valor la combinación A₁B₁ (base*norte) con un valor de 97,48 % y seguido por A₁B₂ (base*sur), A₂B₁ (medio*norte), A₂B₂ (medio*sur), A₃B₂ (ápice*sur), A₃B₁ (ápice*norte), y A₄B₂ (rama*norte) con valores de 94,46; 90,24; 84,44; 80,17; 79,31 y 66,61 % respectivamente y presentando el menor valor fue la combinación A₄B₁ (rama*norte) con un valor de 65,87 %.

Cuadro 13. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto al contenido de humedad (%)

Clave	Interacción	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
A ₁ B ₁	Base*Norte	97,48	a
A ₁ B ₂	Base*Sur	94,46	a
A ₂ B ₁	Medio*Norte	90,24	a
A ₂ B ₂	Medio*Sur	84,44	a
A ₃ B ₁	Ápice*Norte	79,31	a
A ₃ B ₂	Ápice*Sur	80,17	a
A ₄ B ₁	Rama*Norte	65,87	a
A ₄ B ₂	Rama*Sur	66,61	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa diferencia estadística entre tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

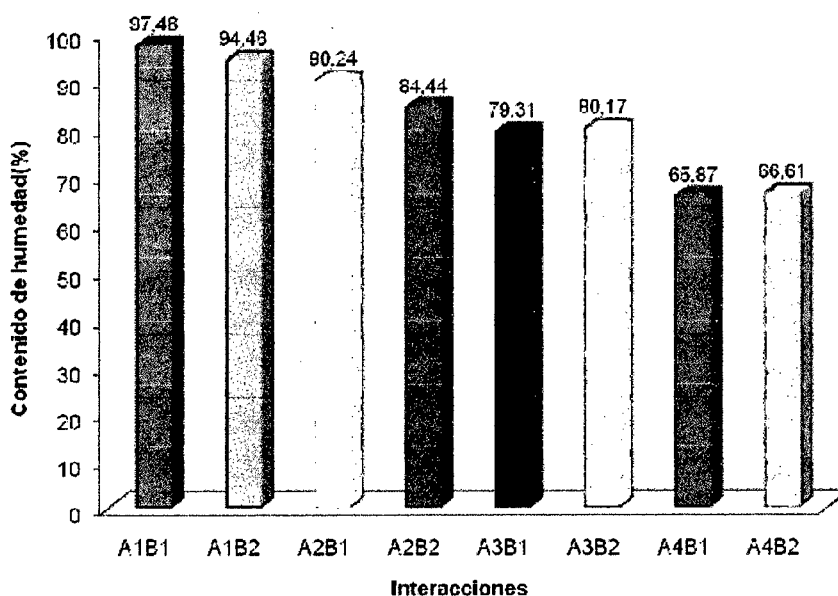


Figura 2. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto al contenido de humedad

Las variaciones de contenido de humedad respecto a las partes del árbol, a la orientación y a la interacción de los dos factores se puede observar una descendencia de los valores de la base hacia el ápice (Figura 12 del Anexo II), esta variación de contenido de humedad posiblemente se debe a la

estructura anatómica de cada parte del árbol, madera de verano, madera de primavera, madera juvenil. Madera de tensión, etc.), así como también a la época de colección de las muestras (PÉREZ, 1983; CUEVAS, 2003; RMMRM, 2005).

4.3. Determinación de la densidad

4.3.1. Densidad saturada

4.3.1.1. Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la densidad saturada

La prueba de Duncan para el factor parte del árbol, muestra que en la densidad saturada, existe diferencia significativa ($p < 0,05$), siendo superior la rama (Cuadro 14) respecto a los demás con un valor de $0,97 \text{ gr/cm}^3$, seguido por el ápice con $0,86 \text{ gr/cm}^3$ y presentando un menor valor fue la parte del árbol medio con $0,74 \text{ gr/cm}^3$, estableciéndose el siguiente orden Rama>Ápice>Medio>Base. Por otra parte en el Cuadro 15, se muestra la prueba de Duncan ($p < 0,05$) para el factor orientación, no existiendo diferencia estadística entre la orientaciones, pero siendo superior numéricamente la orientación norte con $0,83 \text{ gr/cm}^3$.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la densidad saturada (DS) (gr/cm^3)

Parte del árbol	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
Base	0,76	c
Medio	0,74	c
Ápice	0,86	b
Rama	0,97	a

¹Los valores representan el promedio. Las letras a,b,c; representan diferencia estadística entre partes del árbol. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Cuadro 15. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la densidad saturada (DS) (gr/cm^3)

Orientación	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
Norte	0,83	a
Sur	0,83	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a; representan diferencia estadística entre orientaciones. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

La prueba de Duncan para las interacciones (Cuadro 16 y Figura 3), se observa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las interacciones respecto a la densidad saturada, representando el mayor valor la combinación A_4B_1 (rama*norte) con un valor de $0,99 \text{ gr}/\text{cm}^3$, seguido por A_4B_2 (rama*sur) con un valor de $0,95 \text{ gr}/\text{cm}^3$ y presentando un menor valor respecto a las demás interacciones la combinación A_2B_1 (medio*norte) siendo $0,71 \text{ gr}/\text{cm}^3$.

Cuadro 16. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad saturada (DS) (gr/cm^3)

Clave	Interacción	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
A_1B_1	Base*Norte	0,75	e
A_1B_2	Base*Sur	0,77	e
A_2B_1	Medio*Norte	0,71	f
A_2B_2	Medio*Sur	0,77	e
A_3B_1	Ápice*Norte	0,89	c
A_3B_2	Ápice*Sur	0,84	d
A_4B_1	Rama*Norte	0,99	a
A_4B_2	Rama*Sur	0,95	b

¹Los valores representan el promedio. Las letras (a – f) representan diferencia estadística entre tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

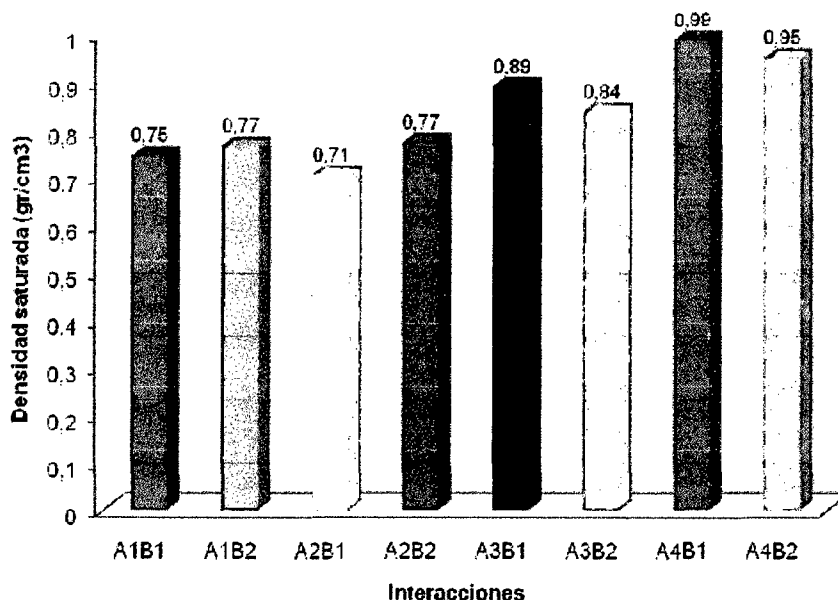


Figura 3. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad saturada

4.3.2. Densidad básica

4.3.2.1. Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la densidad básica

La prueba de Duncan para el factor parte del árbol, muestra que en la densidad básica, existe diferencia significativa ($p < 0,05$), siendo superior la rama (Cuadro 17) respecto a los demás con un valor de $0,59 \text{ gr/cm}^3$, seguido por el ápice con $0,48 \text{ gr/cm}^3$ y presentando un menor valor fue la base con $0,39 \text{ gr/cm}^3$, tal es así que presenta el siguiente orden Rama > Ápice > Medio > Base. Por otra parte en el Cuadro 18, se muestra la prueba de Duncan ($p < 0,05$), para el factor orientación, no existiendo diferencia estadística entre las orientaciones sur y norte con valores de $0,47$ y $0,46 \text{ gr/cm}^3$ respectivamente.

Cuadro 17. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la densidad básica (DB) (gr/cm^3)

Parte del árbol	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
Base	0,39	c
Medio	0,40	c
Ápice	0,48	b
Rama	0,59	a

¹Los valores representan el promedio. Las letras a,b,c; representan diferencia estadística entre partes del árbol. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Cuadro 18. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la densidad básica (DB) (gr/cm^3)

Orientación	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
Sur	0,47	a
Norte	0,46	a

¹Los valores representan el promedio. La letras a; representan diferencia estadística entre orientaciones. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

La prueba de Duncan para las interacciones (Cuadro 19 y Figura 4), se observa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las interacciones respecto a la densidad básica, presentando el mayor valor la combinación A_4B_1 (rama*norte) con un valor de $0,60 \text{ gr/cm}^3$, seguido por A_4B_2 (rama*sur) con un valor de $0,58 \text{ gr/cm}^3$ y presentando un menor valor respecto a los demás interacciones es la combinación A_2B_1 (medio* norte) con $0,38 \text{ gr/cm}^3$.

Cuadro 19. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad básica (DB) (gr/cm^3)

Clave	Interacción	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
A ₁ B ₁	Base*Norte	0,38	e
A ₁ B ₂	Base*Sur	0,40	de
A ₂ B ₁	Medio*Norte	0,38	e
A ₂ B ₂	Medio*Sur	0,42	d
A ₃ B ₁	Ápice*Norte	0,50	b
A ₃ B ₂	Ápice*Sur	0,47	c
A ₄ B ₁	Rama*Norte	0,60	a
A ₄ B ₂	Rama*Sur	0,58	a

¹Los valores representan el promedio. Las letras (a – e) representan diferencia estadística entre tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

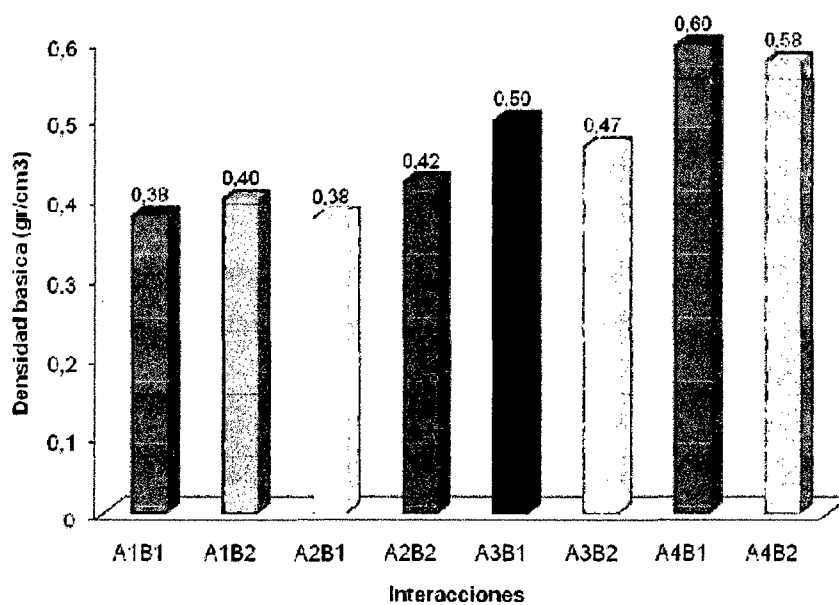


Figura 4. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad básica

4.3.3. Densidad anhidra

4.3.3.1. Influencia de los factores parte del árbol y orientación del respecto a la densidad anhidra

La prueba de Duncan para el factor parte del árbol, muestra que en la densidad anhidra, existe diferencia significativa ($p < 0,05$), siendo superior la rama (Cuadro 20) respecto a los demás con un valor de $0,64 \text{ gr/cm}^3$, seguido por el ápice con $0,54 \text{ gr/cm}^3$ y presentando un menor valor fue la base con $0,44 \text{ gr/cm}^3$, estableciéndose el siguiente orden Rama > ápice > medio > base. Por otra parte en el Cuadro 21, se muestra la prueba de Duncan ($p < 0,05$), para el factor orientación, no existiendo diferencia estadística entre las orientaciones norte y sur, pero siendo numéricamente la orientación sur con un valor de $0,52 \text{ gr/cm}^3$.

Cuadro 20. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la densidad anhidra (DA) (gr/cm^3)

Parte del árbol	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
Base	0,44	c
Medio	0,45	c
Ápice	0,54	b
Rama	0,64	a

¹Los valores representan el promedio. Las letras a,b, c; representan diferencia estadística entre partes del árbol. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Cuadro 21. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la densidad anhidra (DA) (gr/cm^3)

Orientación	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
Sur	0,52	a
Norte	0,51	a

¹Los valores representan el promedio. La letras a; representan diferencia estadística entre orientaciones. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

La prueba de Duncan para las interacciones (Cuadro 22 y Figura 5), se observa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre tratamientos respecto a la densidad anhidra, representando el mayor valor la combinación A_4B_1 (rama*norte) con un valor de $0,66 \text{ gr/cm}^3$ pero no existiendo diferencia estadística con la combinación A_4B_2 (rama*sur) con un valor de $0,63 \text{ gr/cm}^3$ y presentando un menor valor respecto a los demás tratamientos es la combinación A_2B_1 (medio*norte) con $0,42 \text{ gr/cm}^3$.

Cuadro 22. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad anhidra (DA) (gr/cm^3)

Clave	Interacción	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
A_1B_1	Base*Norte	0,43	e
A_1B_2	Base*Sur	0,45	de
A_2B_1	Medio*Norte	0,42	e
A_2B_2	Medio*Sur	0,48	d
A_3B_1	Ápice*Norte	0,55	b
A_3B_2	Ápice*Sur	0,52	c
A_4B_1	Rama*Norte	0,66	a
A_4B_2	Rama*Sur	0,63	a

¹Los valores representan el promedio. Las letras (a – e) representan diferencia estadística entre tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

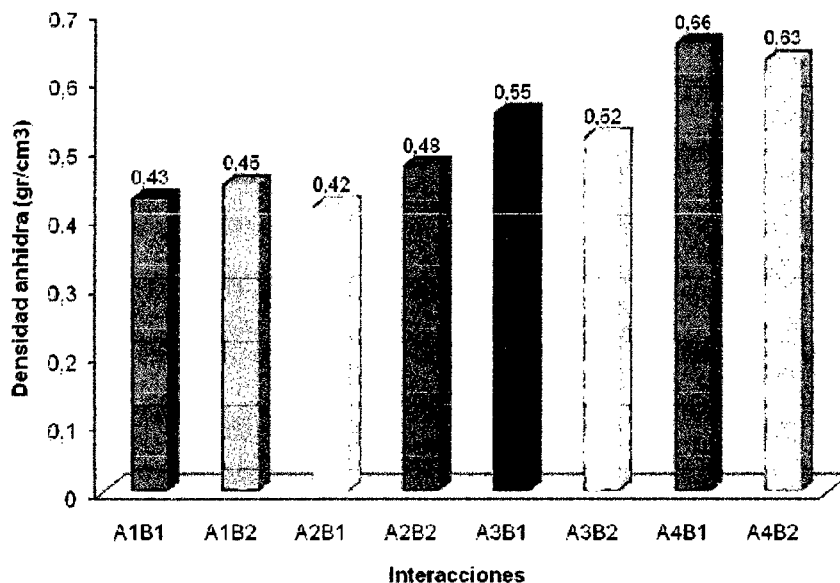


Figura 5. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la densidad anhidra

Como se puede observar en los Cuadros 14, 17 y 20 la densidad saturada, básica, anhidra incrementa su valor a mayor altura del árbol esto posiblemente se debe al grosor de la pared celular existente en la parte superior del árbol, así como también el orden de secuencia de densidad de la madera sea la Rama>Ápice>Medio>Base esta tendencia está posiblemente relacionada a que a mayor altura existe mayor madera de verano que madera juvenil y por lo tanto también existe mayor cantidad de células que tenga mayor espesor de pared celular, tal como menciona RMMRM (2005) la densidad depende del espesor de la pared celular, así como también depende de la cantidad de madera de primavera y de verano, por lo tanto a mayor madera de verano mayor densidad y por ende mayor espesor de la pared celular.

Por otro lado la mayor densidad existe en la parte de orientación Norte>Sur como se muestra en los Cuadros 15, 18 y 21, esta tendencia de resultado posiblemente se debe a que en la parte Norte exista mayor madera de tensión por ende mayor densidad, esto generado por dirección de los vientos que han causado que exista este tipo de madera, modificando así los anillos de crecimiento en el fuste, tal como menciona RMMRM (2005), que la madera de tensión en las latifoliadas presenta mayor cantidad de celulosa que

la madera normal, el espesor de las paredes celulares son mayores y por lo tanto poseen mayor densidad.

Paralelo a los resultado del contenido de humedad realizado el análisis para los efectos simples de los factores se observa que no hay una correlación positiva entre el contenido de humedad y la densidad, por lo tanto teóricamente se explica que a mayor contenido de humedad mayor densidad (AROSTEGUI, 1982; GRIGORIEV, 1985; RMMRM, 2005), sin embargo los resultado demuestran lo contrario como se puede apreciar en las Figuras 10, 12 y 13 del Anexo II, donde a mayor contenido de humedad existe menor densidad.

4.4. Determinación de la Contracción

4.4.1. Contracción tangencial

4.4.1.1. Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la contracción tangencial

La prueba de Duncan para el factor parte del árbol, muestra los valores respecto a la contracción tangencial, existe diferencia significativa ($p < 0,05$), siendo superior la parte del árbol medio (Cuadro 23) respecto a los demás con un valor de 9,25 %, seguido por la base con 8,65 % pero sin mostrar diferencia estadística con el nivel de altura medio y presentando un menor valor fue la rama con 5,92 %. Por otra parte en el Cuadro 24, se muestra la prueba de Duncan ($p < 0,05$), para el factor orientación existiendo diferencia estadística significativa entre las orientaciones norte y sur, pero presentando un mayor valor la orientación sur con 8,28 %.

Cuadro 23. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la contracción tangencial (CT) (%)

Parte del árbol	Promedio	Duncan ($\alpha < 0,05$)
Base	8,65	ab
Medio	9,25	a
Ápice	7,86	b
Rama	5,92	c

¹Los valores representan el promedio. Las letras a,b,c; representan diferencia estadística entre partes del árbol. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Cuadro 24. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la contracción tangencial (CT) (%)

Orientación	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
Sur	8,28	a
Norte	7,55	b

¹Los valores representan el promedio. La letras a,b; representan diferencia estadística entre orientaciones. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

La prueba de Duncan para las interacciones (Cuadro 25 y Figura 6), se observa que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las combinaciones respecto a la contracción tangencial, representando el mayor valor la combinación A_2B_2 (medio*sur) con un valor de 10,21 % seguido por A_1B_1 (base*norte), A_1B_2 (base*sur), A_2B_1 (medio*norte), A_3B_2 (ápice*sur), A_3B_1 (ápice*norte) y A_4B_2 (rama*sur), con valores de 8,69; 8,60, 8,28; 8,08; 7,63 y 6,23 % respectivamente, y presentando el menor valor fue la combinación A_4B_1 (rama*norte) con 5,61 %.

Cuadro 25. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción tangencial (CT) (%)

Clave	Interacción	Promedio	Duncan ($\alpha < 0,05$)
A ₁ B ₁	Base*Norte	8,69	a
A ₁ B ₂	Base*Sur	8,60	a
A ₂ B ₁	Medio*Norte	8,28	a
A ₂ B ₂	Medio*Sur	10,21	a
A ₃ B ₁	Ápice*Norte	7,63	a
A ₃ B ₂	Ápice*Sur	8,08	a
A ₄ B ₁	Rama*Norte	5,61	a
A ₄ B ₂	Rama*Sur	6,23	a

¹Los valores representan el promedio. La letra (a) representa la diferencia estadística entre tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

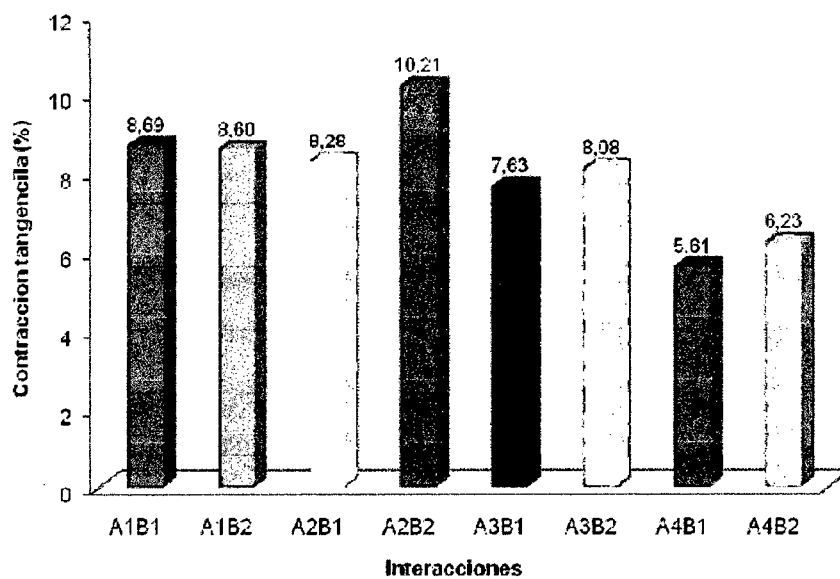


Figura 6. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción tangencial

4.4.2. Contracción radial

4.4.2.1. Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la contracción radial

La prueba de Duncan para el factor parte del árbol, muestra los valores respecto a la contracción radial, existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$), siendo superior la base (Cuadro 26) respecto a los demás con un valor de 5,74 %, seguido por la rama con 5,18 % pero sin mostrar diferencia estadística entre estos dos partes del árbol y presentando un menor valor fue el medio con 4,44 %. Por otra parte en el Cuadro 27, se muestra la prueba de Duncan ($p < 0,05$), para el factor orientación no existiendo diferencia estadística significativa entre las orientaciones norte y sur, pero presentando un mayor valor la orientación norte con 5,23 %.

Cuadro 26. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la contracción radial (CR) (%)

Parte del árbol	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
Base	5,74	a
Medio	4,44	b
Ápice	4,70	b
Rama	5,18	ab

¹Los valores representan el promedio. Las letras a,b; representan diferencia estadística entre partes del árbol. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($P < 0,05$).

Cuadro 27. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la contracción radial (CR) (%)

Orientación	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
Norte	5,23	a
Sur	4,80	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a; representan diferencia estadística entre orientaciones. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

La prueba de Duncan para las interacciones (Cuadro 28 y Figura 7), se observa que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre tratamientos respecto a la contracción radial, representando el mayor valor la combinación A_1B_1 (base*norte) con un valor de 6,23 % seguido por la combinación A_4B_1 (rama*norte) y presentando el menor valor fue el tratamiento A_2B_2 (medio*sur) con valores de 5,47 y 2.99 % respectivamente.

Cuadro 28. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción radial (CR) (%)

Clave	Interacción	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
A_1B_1	Base*Norte	6,23	a
A_1B_2	Base*Sur	5,24	a
A_2B_1	Medio*Norte	4,57	a
A_2B_2	Medio*Sur	4,32	a
A_3B_1	Ápice*Norte	4,65	a
A_3B_2	Ápice*Sur	4,75	a
A_4B_1	Rama*Norte	5,47	a
A_4B_2	Rama*Sur	4,90	a

¹Los valores representan el promedio. La letra (a) representan diferencia estadística entre tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

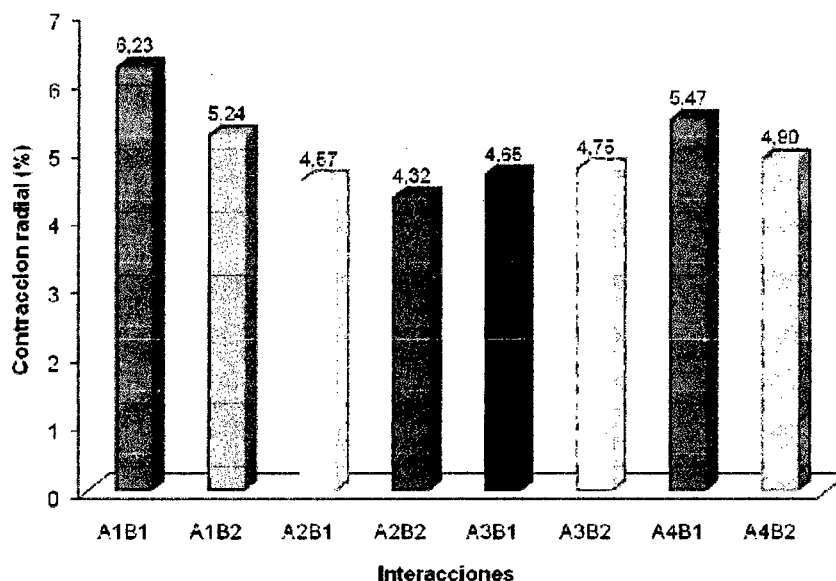


Figura 7. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción radial

Las diferencias entre las contracciones lineales se explican por la gran cantidad y ancho de los rayos medulares y la orientación de las fibrillas en la pared celular y de las fibras (KOLLMANN y COTÉ, 1984); así mismo, la menor contracción en el plano radial, obedece al papel que desempeñan los radios al restringir los movimientos dimensionales en esa dirección (BOYD, 1974). De acuerdo a SOLANO (1998) menciona que, la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinal, radial y tangencial).

4.4.3. Contracción volumétrica

4.4.3.1. Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto a la contracción volumétrica

La prueba de Duncan para el factor parte del árbol, muestra los valores respecto a la contracción volumétrica, existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$), siendo superior la base (Cuadro 29) respecto a los

demás con un valor de 12,62 %, seguido por el medio con 12,08 %. Por otra parte en el Cuadro 30, se muestra la prueba de Duncan ($p < 0,05$) para el factor orientación no existiendo diferencia estadística significativa entre las orientaciones norte y sur, pero presentando un mayor valor la orientación sur con 11,58 %.

Cuadro 29. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto a la contracción volumétrica (Cv) (%)

Parte del árbol	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
Base	12,62	a
Medio	12,08	a
Ápice	11,15	b
Rama	9,79	c

¹Los valores representan el promedio. Las letras a,b,c; representan diferencia estadística entre partes del árbol. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Cuadro 30. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto a la contracción volumétrica (Cv) (%)

Orientación	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
Sur	11,58	a
Norte	11,24	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a; representa la diferencia estadística entre orientaciones. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

La prueba de Duncan para las interacciones (Cuadro 31 y Figura 8), se observa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre tratamientos respecto a la contracción volumétrica, presentando el mayor valor la combinación A_1B_1 (base*norte) con un valor de 13,08 % seguido por la combinación A_2B_2 (medio*sur) con un valor de 12,95 % y presentando el menor valor fue la combinación A_4B_2 (rama*sur) con 9,77 %.

Cuadro 31. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción volumétrica (Cv) (%)

Clave	Interacción	Promedio	Duncan ($p < 0,05$)
A ₁ B ₁	Base*Norte	13,08	a
A ₁ B ₂	Base*Sur	12,16	ab
A ₂ B ₁	Medio*Norte	11,21	b
A ₂ B ₂	Medio*Sur	12,95	a
A ₃ B ₁	Ápice*Norte	10,86	bc
A ₃ B ₂	Ápice*Sur	11,43	b
A ₄ B ₁	Rama*Norte	9,82	c
A ₄ B ₂	Rama*Sur	9,77	c

¹Los valores representan el promedio. Las letras (a - c) representan diferencia estadística entre tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

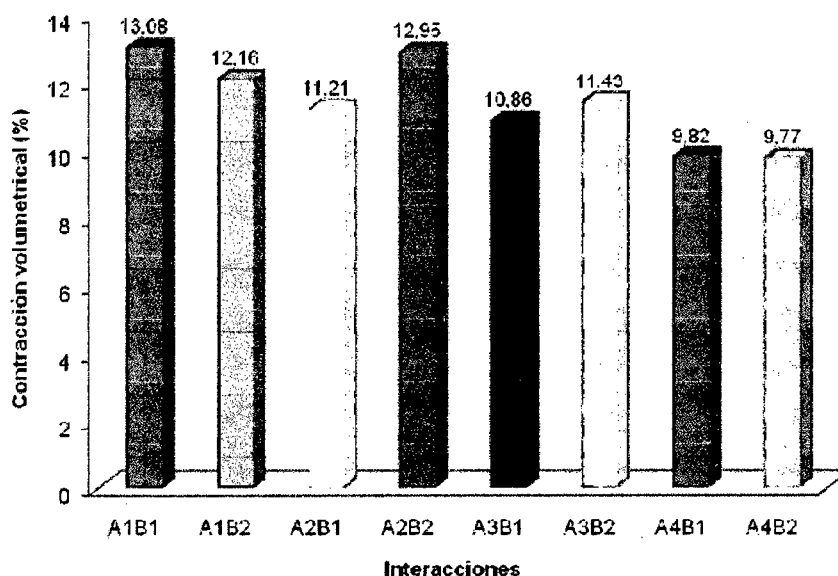


Figura 8. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto a la contracción volumétrica

La contracción tangencial, radial y volumétrica como se muestra en los Cuadros 23, 26 y 29; sometido al análisis estadístico de los efectos simples se observa que, los valores son variables, sin mantener una correlación positiva entre la densidad y la contracción como se puede apreciar en las

Figuras 11 y 14 del Anexo II, teóricamente conforme aumenta la densidad también incrementa la contracción tal como manifiesta (GRIGORIEV, 1985), esta no correlación entre la densidad y contracción posiblemente se deba a la estructura anatómica (pared celular, anillos de crecimiento, etc.) de cada parte del árbol, la variación existente en la composición química (la proporción de celulosa/lignina) tal como corrobora RMMRM (2005) quien manifiesta que, variabilidad existente de las propiedades de la madera dentro de un mismo árbol o dentro de una especie está relacionado a factores tales como edad del árbol, control genético que gobierna la forma de crecimiento del árbol e influencias ambientales (condiciones climáticas, geográficas o suministro de nutrientes del árbol), características celulares, madera juvenil, tipo de madera (verano, primavera).

4.5. Determinación del coeficiente estabilidad dimensional

4.5.1. Influencia de los factores parte del árbol y orientación respecto al coeficiente de estabilidad dimensional

La prueba de Duncan para el factor parte del árbol, muestra los valores respecto al coeficiente de estabilidad, existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$), siendo superior la parte del medio (Cuadro 32) respecto a los demás con un valor de 2,65 seguido por el ápice con 2,13 y presentando un menor valor fue la rama con 1,40. Por otra parte en el Cuadro 33, se muestra la prueba de Duncan ($p < 0,05$) para el factor orientación existiendo diferencia estadística significativa entre las orientaciones norte y sur, pero presentando un mayor valor fue la orientación sur con 2,23.

De acuerdo a estos resultados que se muestran se puede decir que en los Cuadros 32 y 33 se observa que, hay mayor estabilidad dimensional en el siguiente orden: rama>base>ápice>medio, en cuanto a las orientaciones el coeficiente de estabilidad dimensional sur>norte.

La relación entre la contracción tangencial y radial es llamada

coeficiente de estabilidad dimensional (anisotropía) y generalmente varía de 1,5 a 2,5 tornándose en un índice muy importante en los estudios de contracción de maderas ya que mientras mayor sea esa relación mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado (OLIVEIRA y SILVA, 2003).

Cuadro 32. Prueba de Duncan para el factor parte del árbol respecto al coeficiente de estabilidad dimensional (T/R)

Parte del árbol	Promedio	Duncan (p<0,05)
Base	2,01	b
Medio	2,65	a
Ápice	2,13	b
Rama	1,40	c

¹Los valores representan el promedio. Las letras a,b,c; representan diferencia estadística entre partes del árbol. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0.05).

Cuadro 33. Prueba de Duncan para el factor orientación respecto al coeficiente de estabilidad dimensional (T/R)

Orientación	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
Sur	2,23	a
Norte	1,86	b

¹Los valores representan el promedio. La letras a,b; representan diferencia estadística entre orientaciones. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p< 0,05).

La prueba de Duncan para las interacciones (Cuadro 34 y Figura 9), se observa que no existe diferencia significativa (p>0,05) entre las combinaciones respecto al coeficiente de estabilidad, representando el mayor valor la combinación A₂B₂ (medio*sur) con un valor de 3,07 pero no habiendo diferencia estadística entre las combinaciones A₃B₂, A₂B₁, A₁B₂, A₃B₁, A₁B₁, A₄B₂ y presentando el menor valor respecto al coeficiente de estabilidad fue la combinación A₄B₁ (rama*norte) con 1,32.

Cuadro 34. Prueba de Duncan para la interacción del factor parte del árbol y orientación respecto al coeficiente de estabilidad (T/R)

Clave	Interacción	Promedio	Duncan ($\alpha < 0,05$)
A ₁ B ₁	Base*Norte	1,88	a
A ₁ B ₂	Base*Sur	2,14	a
A ₂ B ₁	Medio*Norte	2,22	a
A ₂ B ₂	Medio*Sur	3,07	a
A ₃ B ₁	Ápice*Norte	2,02	a
A ₃ B ₂	Ápice*Sur	2,25	a
A ₄ B ₁	Rama*Norte	1,32	a
A ₄ B ₂	Rama*Sur	1,48	a

¹Los valores representan el promedio. Las letra (a) representan diferencia estadística entre tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

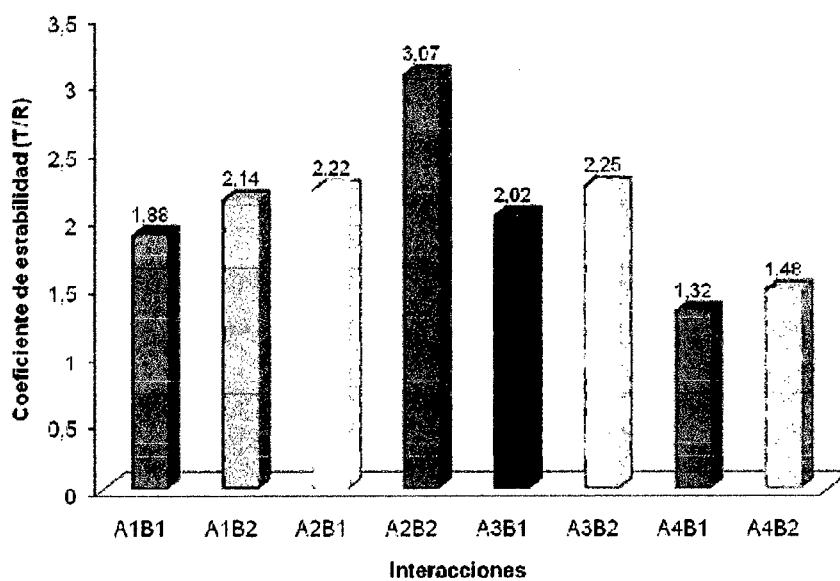


Figura 9. Interacción del factor parte del árbol y orientación respecto al coeficiente de estabilidad

V. CONCLUSIONES

1. El contenido de humedad promedio del fuste fue de 87,68 % y para las ramas fue 66,24 %; el contenido de humedad de la madera respecto al factor parte del árbol fue la base con 95,97 % y respecto a la orientación fue el norte con 83,22 %.
2. La densidad básica promedio del fuste fue 0,42 gr/cm³ y para las ramas fue 0,59 gr/cm³; respecto al factor parte del árbol fue la rama con 0,59 gr/cm³ y respecto a la orientación fue el sur con 0,47 gr/cm³. La densidad saturada promedio del fuste fue 0,79 gr/cm³ y para las ramas fue 0,97 gr/cm³; respecto al factor parte del árbol fue la rama con 0,97 gr/cm³ y respecto a la orientación fue el norte con 0,83 gr/cm³. La densidad anhidra promedio del fuste fue 0,47 gr/cm³ y para las ramas fue 0,47 gr/cm³; respecto al factor parte del árbol fue la rama con 0,64 gr/cm³ y respecto a la orientación fue el sur con 0,52 gr/cm³.
3. La contracción tangencial promedio del fuste fue 8,58 % y para las ramas fue 5,92 %; respecto al factor parte del árbol fue la rama con 9,25 % y respecto a la orientación fue el sur con 8,28 %. La contracción radial promedio del fuste fue 4,96 % y para las ramas fue 5,18 %; respecto al factor parte del árbol fue la rama con 5,74 % y respecto a la orientación fue el norte con 5,23 %. La contracción volumétrica promedio del fuste fue 11,95 % y para las ramas fue 9,79 %; respecto al factor parte del árbol fue la base con 12,62 % y respecto a la orientación fue el sur con 11,58 %.
4. El coeficiente de estabilidad dimensional promedio del fuste fue 2,26 y para las ramas fue 1,40; respecto al factor parte del árbol fue el nivel medio con 2,65 y respecto a la orientación fue el sur con 2,23.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos similares en otras especies forestales de selva alta y baja con el fin de generar un banco de datos.
2. Realizar la caracterización anatómica de la madera, la cual ayudaría a corroborar los resultados obtenidos en el análisis de las propiedades físicas.
3. Diseñar trabajos de investigación experimentales en cuanto a la determinación de propiedades físicas al estado natural de especies forestales con el fin de realizar aplicaciones tecnológicas posteriores.

VII. ABSTRACT

Carahuasca (*Gutteria hyposericea* Diels) is a species used in the sawmill, carpentry, furniture factory, packing case, body work, structures, form work, lamination, handle of tools, etc. but some of these uses have not been validated scientifically through its physical properties. The purpose of the present work of investigation was: To determine the physical properties such as: Humidity contents (HC), saturated density (SD), basic density (BD), anhidra density (AD), tangential contraction (TC), radial contraction (RC), volumetric contraction (Vc) and the dimensional stability coefficient (DSC) on the stick and branches of the *Gutteria hyposericea* Diels. The content humidity, the density and the contraction were determined by the rules ITINTEC 251.010, ITINTEC 251.011 and ITINTEC 251.012 respectively. The contents of humidity for the stick was 87,68 % and for the branches was 66.24 %, the saturated density, basic density and anhidra density for the stick were 0,72; 0,42 and 0,47 gr/cm³ respectively and for the branches the saturated density, basic density and anhidra density were 0,97; 0,59 and 0,64 gr/cm³ respectively. the tangential contraction, radial contraction, volumetric contraction and the dimensional stability coefficient for the stick were 8,58 %; 4,96 %; 11,95 % and 2,26 respectively and for the branches, the tangential contraction, radial contraction, volumetric contraction and the dimensional stability coefficient were 5,92 %; 5,18 %; 9,79 % and 21,40 respectively. In conclusion the results show that *Gutteria hyposericea* Diels is a species with a very good potential to be included in to the forestal industry.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANANIAS, R., GUTIÉRREZ, M. 1987. Water Diffusion in wood. Actas VI Reunión sobre Investigación y Desarrollo en Productos Forestales, Universidad del Bio-Bio, Concepción. 8 p.
- ANANIAS, R. 1992. Física de la Madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41p.
- AROSTEGUI, A. 1975. Estudio tecnológico de las maderas del Perú. Vol. II. Ensayos tecnológicos. Métodos y procedimientos. UNAMA. Lima. 152 p.
- ARÓSTEGUI, A. 1982. Recopilación y Análisis de Estudios Tecnológicos de Maderas Peruanas. Documento de trabajo N° 2. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002. Lima, Perú. 57 p.
- ARROYO, J. 1983. Propiedades Físico – Mecánicas de la madera, Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela 186 p.
- BOYD, J. D. 1974. Anisotropic shrinkage of wood: Identification of the dominant determinants.
- BRAVO, E. M. 1993. Anatomía y Propiedades Físicas de *Pinus radiata* D. Don en diferentes edades. Tesis Ing. Forestal. Huancayo- Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú, 43 p.
- CAMPOS, A., CUBILLOS, G., MORALES, F., PASTENE, A. 1990. Propiedades y Usos de Especies Madereras de corta Rotación. Corporación de Fomento y Producción (CORFO). Santiago, Chile. 87 p.

- CASTRO, F. 1972. Estudio Anatómico, Físico y Mecánico de 15 Especies Tropicales de Iparia. Tesis Ing. Forestal. Huancayo, Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú, 98 p.
- COORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA. 2003. Manual para la Construcción de Vivienda en Madera. Capítulo I. Chile. 55p.
- CRONQUIST, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press. 200 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. Talca, Chile. Universidad de Talca, 179 p.
- FACHIN, M. C. 1986. Estudio de las Propiedades Físico – Mecánicas y su Variación en el Tronco de la *Parkia velutina* R. Benth (pashaco curtidor), en los Bosques de la Plantación de Jenaro Herrera. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, 98 p.
- GONZALES, R. 1996. Secado de Madera. UNALM. Lima, Perú. 164 p.
- GONZALES, F. R. 1970. Preservación y secado de la madera. Convenio UNAMEM. Lima. 81 p.
- GRIGORIEV, M. 1985. Estudio para Materiales para Ebanistas y Carpinteros. Editorial MIR MOSCU-URSS. Rusia. 240 p.

- HAYGREEN, J., BOWYER, J. 1982. Forest Products and Wood Science. An Introduction Iowa – EUA 495 p.
- HERMINIO, J. 2003. Producto Regular según Conceptos de Contracciones, Contenido de Humedad, Alabeos y Grietas. Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero en Madera. Valdivia, Chile. 85 p.
- HON, D., NOBUO, S. 1990. Wood and cellulosic chemistry. Editorial. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. 4-230 p.
- HILDEBRANT, R. 1962. El secado de la madera aserrada. R. Hildebrant Maschimenban GMBH. Oberboinbengenwrt. 168 p.
- HUNT, G., GARRAT, P. 1966. Preservación de maderas. Salvat Editores. México. 596 p.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC). 1971. Selección y colección de muestras. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.008 Lima - Perú 12 p.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC). 1971. Método de Determinación de Contenido de Humedad. Norma Técnica Peruana 251.010. Lima Perú 2 p.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC). 1971. Método de determinación de Densidad. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.011. Lima Perú 7 p.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC). 1971. Método de determinación de Contracción. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.012. Lima Perú 7 p.

- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). 1984. Manual de secado de las maderas del Grupo Andino. Lima. 549 p.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). 1981. Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 20 Especies del Perú. PADT REFORT. Lima, Perú. 53p
- KOLLMANN, F., COTÉ, W. A. 1984. Principles of Wood Science and Technology. Vol 1: Solid Wood. New York, USA. 592 p.
- KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Traducido por Instituto forestal de investigaciones y experiencias y el servicio de la madera. Tomo I, 2^{da}. Edición, Madrid - España.
- MADERAS PERUANAS (MP). 2005. Especies forestales [En línea]: maderasperuanas, (http://www.maderasperuanas.com/espanol/especies_fichero_s/exp_bol_ain.htm, 20 marzo 2009)
- MELO, J. 1987. Estudio preliminar del secado de la madera del eucapilto. Junta del Acuerdo de Cartagena. Proyecto FAO/HOLANDA/INFOR. Lima-Perú. 20 p.
- MENDES, A., TAYLOR, E. 1985. Secagen Natural de madeira de Essacu (*Hura Crepitans*). Serie Técnica N0 11. Centro de Pesquisa de Productos Florestais-CPPF. Manaus-Brasil 13 p.
- OLIVEIRA, T. S., SILVA, J. C. 2003. Variacião radial da retratibilidade de densidades básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm.". Revista *Árvore*, Vicoso-MG. 27(3):381-385.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LAS MADERAS TROPICALES (OIMT). 1999. Utilización industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú. 2^{da} edición, 240 p.

- PASHIN, A., DE ZEEUW, C. 1980. Textbook of Wood Technology. 4 th.Ed. Mc Graw-Hill, New York 6: 201-210; 7: 237-272.
- PADT-REFORT/JUNAC. 1984. Manual de clasificación visual para madera estructura. 2da. Ed. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el área de recursos forestales tropicales. Lima-Perú. 76 p.
- PÉREZ, V. 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 451 p.
- 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.
- RED MANUFACTURERA DE LA MADERA DE LA REGIÓN DEL MAULE (RMMRM). 2005. Tecnología de la madera. Documento técnico N° 1. Programa Chilecalifica. Ministerio de Educación. Talca-Chile. 159 p.
- SOLANO, O. 1998. Seminario Sobre Diseño Ingeniería y Proceso de Secado de Maderas Tropicales. Centro Nacional de la Madera, Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA". Medellín, Colombia. 45 p.
- TUSET, R., DURAN, F. 1980. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Montevideo Uruguay. 668 p.
- VIZCARRA, S. 1998. Guía para el Secado de la Madera en Horno. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz, Bolivia. 64p.
- VIGNOTE, S. 2000. Tecnología de la Madera en Construcción Arquitectónica. Editorial Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 277p.

IX. ANEXOS

Anexo I

Cuadro 35. ANVA para el contenido de humedad

Fuentes de variación	GL.	CM.	FC.	SIG.
Bloque	4	581,088	4,356	*
Parte del árbol(A)	3	9535,778	71,484	*
orientación(B)	1	195,229	1,464	NS
A*B	3	154,997	1,162	NS
Error experimental	28	133,398		
Total	39			

NS : No significativo

* : Significativo

CV : 14,03 %

Cuadro 36. ANVA para la densidad saturada

Fuentes de variación	GL.	CM.	FC.	SIG.
Bloque	4	0,123	24,753	*
Parte del árbol(A)	3	0,688	138,283	*
orientación(B)	1	0,000	0,001	NS
A*B	3	0,046	9,294	*
Error experimental	28	0,005		
Total	39			

NS : No significativo

* : Significativo

CV : 8,52 %

Cuadro 37. ANVA para la densidad básica

Fuentes de variación	GL.	CM.	FC.	SIG.
Bloque	4	0,054	20,32	*
Parte del árbol(A)	3	0,507	192,24	*
orientación(B)	1	0,001	0,32	NS
A*B	3	0,020	7,40	*
Error experimental	28	0,003		
Total	39			

NS : No significativo

* : Significativo

CV : 11,90 %

Cuadro 38. ANVA para la densidad anhidra

Fuentes de variación	GL.	CM.	FC.	SIG.
Bloque	4	0,043	11,885	*
Parte del árbol(A)	3	0,556	152,071	*
orientación(B)	1	0,002	0,590	NS
A*B	3	0,027	7,454	*
Error experimental	28	0,004		
Total	39			

NS : No significativo

* : Significativo

CV : 12,16 %

Cuadro 39. ANVA para la contracción tangencial

Fuentes de variación	GL.	CM.	FC.	SIG.
Bloque	4	36,944	5,835	*
Parte del árbol(A)	3	125,762	19,862	*
orientación(B)	1	31,850	5,030	*
A*B	3	11,118	1,756	NS
Error experimental	28	6,332		
Total	39			

NS : No significativo

* : Significativo

CV : 12,77 %

Cuadro 40. ANVA para la contracción radial

Fuentes de variación	GL.	CM.	FC.	SIG.
Bloque	4	57,76	10,64	*
Parte del árbol(A)	3	19,57	3,61	*
orientación(B)	1	10,92	2,01	NS
A*B	3	3,21	0,59	NS
Error experimental	28	5,43		
Total	39			

NS : No significativo

* : Significativo

CV : 6,41 %

Cuadro 41. ANVA para la contracción volumétrica

Fuentes de variación	GL.	CM.	FC.	SIG.
Bloque	4	159,66	37,34	*
Parte del árbol(A)	3	92,02	21,52	*
orientación(B)	1	6,64	1,55	NS
A*B	3	18,77	4,39	*
Error experimental	28	4,28		
Total	39			

NS : No significativo

* : Significativo

CV : 8,13 %

Cuadro 42. ANVA para el coeficiente de estabilidad

Fuentes de variación	GL.	CM.	FC.	SIG.
Bloque	4	6,31	5,48	*
Parte del árbol(A)	3	15,84	13,74	*
orientación(B)	1	8,46	7,34	*
A*B	3	1,54	1,33	NS
Error experimental	28	1,15		
Total	39			

NS : No significativo

* : Significativo

CV : 9,31 %

Anexo II

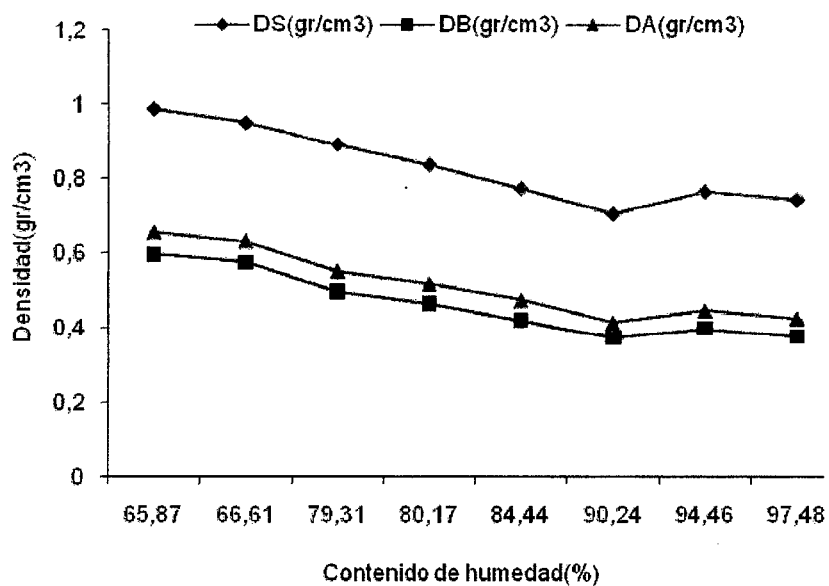


Figura 10. Relación entre el contenido de humedad – densidad

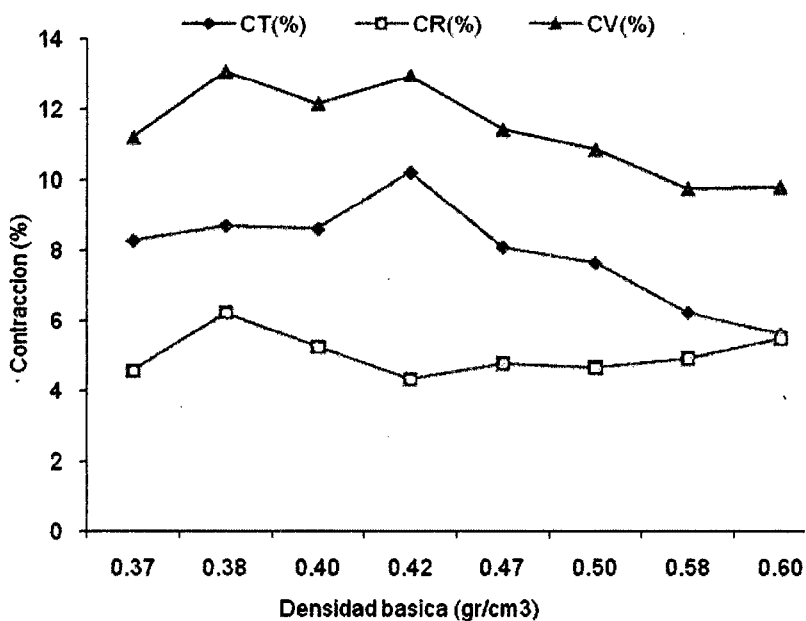


Figura 11. Relación entre la densidad básica – contracción

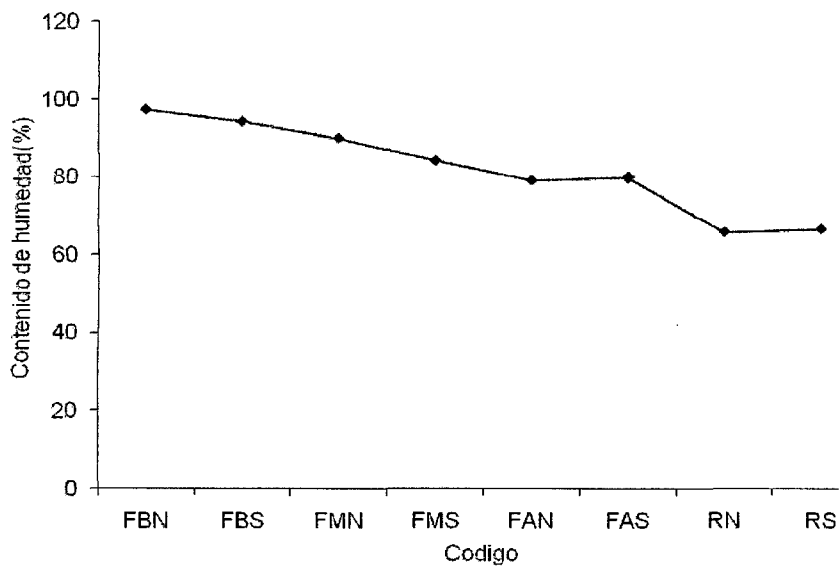


Figura 12. Relación entre las combinaciones – contenido de humedad

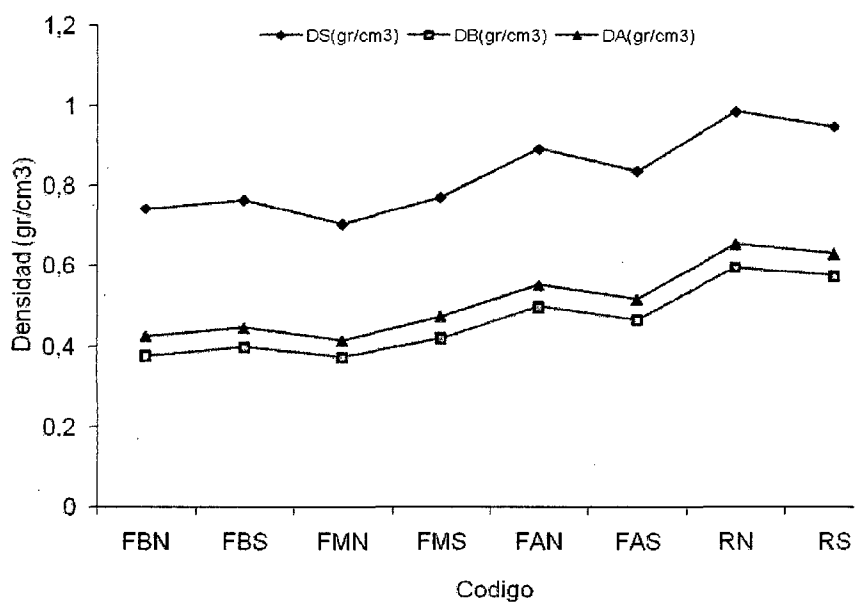


Figura 13. Relación entre las combinaciones - densidad

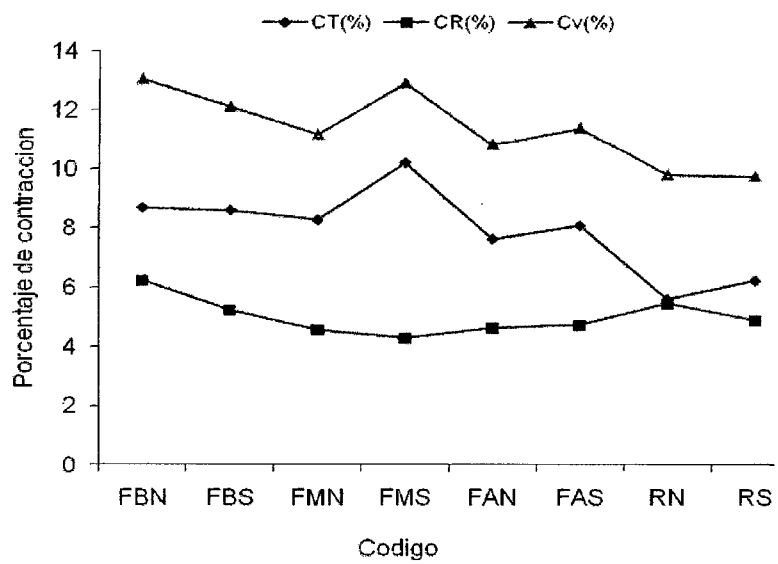


Figura 14. Relación entre las combinaciones - contracción

Anexo III



Figura 15. Flores y frutos de carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels)



Figura 16. Determinando la orientación cardinal del árbol



Figura 17. Realizando el apeo del árbol



Figura 18. Realizando medición de una probeta con el micrómetro

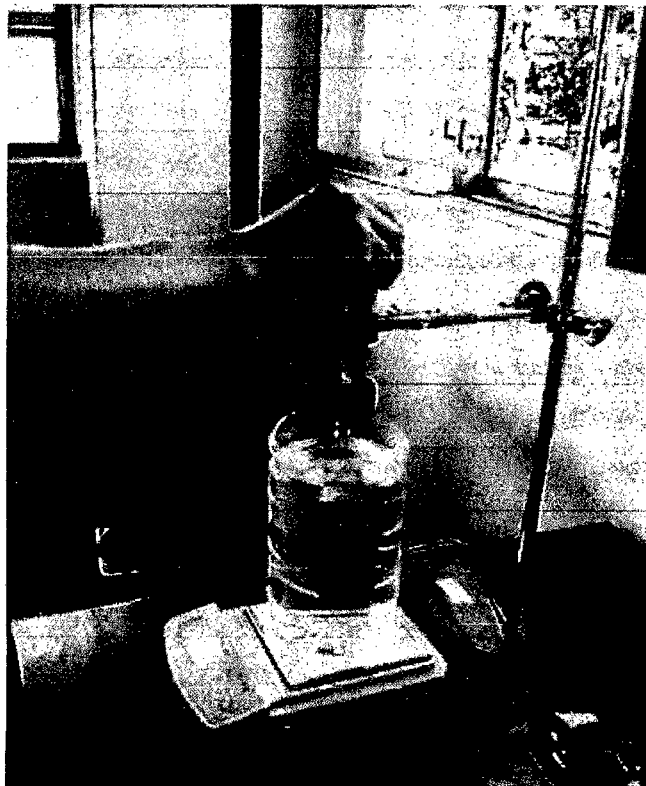


Figura 19. Determinando la densidad de probetas por el principio de Arquímedes