

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

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



**VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Calycophyllum  
spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman (CAPIRONA) DE UNA  
PLANTACIÓN DE OCHO AÑOS EN LA ZONA TINGO MARÍA, PERÚ**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCION FORESTALES**

**MILLER DÍAZ RUÍZ**

**PROMOCIÓN 2007 - II**

**Tingo María - Perú**

**2008**

**K10**

**D67**

**Díaz Ruiz, Miller**

**Variación de las Propiedades Físicas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Chuman (Capirona) de una Plantación de Ocho Años en la Zona Tingo María, Perú. Tingo María, 2008**

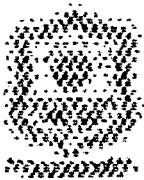
**80 h.; 42 cuadros; 10 fgrs.; 45 ref.; 30 cm.**

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

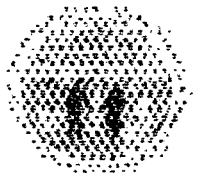
**CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM / DETERMINACIÓN – VARIABILIDAD**

**/ PROPIEDADES FÍSICAS / ALTURA-FUSTE / 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

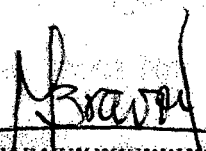
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 16 de diciembre de 2008, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Conferencias de Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para calificar la tesis titulada:

**“VARIACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE  
*Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex  
Chuman (CAPIRONA) DE UNA PLANTACION DE  
OCHO AÑOS EN LA ZONA DE TINGO MARIA, PERU”**


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

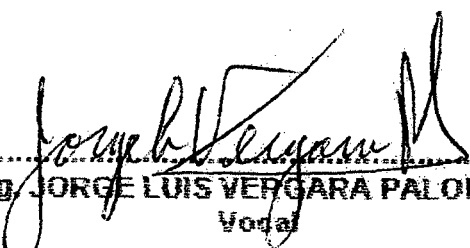
En consecuencia el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 06 de enero de 2009

  
.....  
**ING. MANUEL BRAVO MORALES**  
Presidente



  
.....  
**ING. WARREN RIOS GARCIA**  
Vocal

  
.....  
**ING. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**  
Vocal

  
.....  
**ING. M.Sc. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ**  
Asesor

## DEDICATORIA

A mi querida madre Nancy Ruiz Satalaya, con amor y eterna gratitud, quien con su abnegado sacrificio hicieron posible lograr mi más preciado anhelo.

A mi padre Vidal Díaz Ruiz que desde el Cielo me cuida y me protege con todo ese inmenso amor que él me tiene.

A mis hermanos Franco, Segundo Vidal, Maria Nanci y Miguel Ángel, quienes con sus sabios consejos me orientaron hacia el camino de la superación.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva "alma mater", a los docentes del departamento académico de ciencias de los Recursos Naturales Renovables, mención forestales, quienes contribuyeron en mi formación académica.

Al Ing. M.Sc. Robert Gilbert Pecho de la Cruz patrocinador, por su valiosa orientación, apoyo en la ejecución y redacción del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. David Guarda Sotelo por su colaboración como patrocinador en el análisis estadístico.

Al Ing. Alfredo Carmona Ruiz por su apoyo y orientación desinteresada.

A todas aquellas personas que en forma directa e indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Propiedades físicas de la madera.....	3
2.1.1. Densidad.....	3
2.1.1.1. Densidad básica de la madera.....	5
2.1.2. Contenido de humedad.....	6
2.1.3. Contracción de la madera.....	11
2.2. Variación de las propiedades físicas.....	16
2.3. Influencia de la madera de los factores internos y externos .....	20
2.4. Factores que inciden en el secado de la madera.....	22
2.4.1. Factores de la madera .....	22
2.4.1.1. Influencia de la estructura anatómica.....	22
2.4.1.2. La higroscopicidad .....	23
2.4.1.3. La anisotropía .....	23
2.5. Características generales de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth)	
Hooker F. ex Chuman.....	24
2.5.1. Descripción dendrológica.....	24
2.5.2. Aspectos taxonómicos .....	25
2.5.3. Características organolépticas.....	25

2.5.4. Características tecnológicas .....	26
a. Propiedades físicas .....	26
b. Propiedades mecánicas .....	26
2.5.5. Aserrío y secado .....	27
2.5.6. Durabilidad .....	27
2.5.7. Utilidad .....	27
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
3.1. Lugar de ejecución .....	28
3.2. Materiales y Equipos .....	28
3.2.1. Material Biológico .....	28
3.2.2. Material de Campo .....	29
3.2.3. Material de laboratorio .....	29
3.2.4. Material de Gabinete .....	30
3.3. Metodología .....	30
3.3.1. Colección de Muestra .....	30
3.3.2. Talado, Trozado y Aserrío primario .....	31
3.3.3. Transporte .....	32
3.3.4. Obtención de Probetas .....	32
3.4. Determinación de las Propiedades Físicas .....	34
3.4.1. Contenido de Humedad .....	34
3.4.1.1. Método .....	34
3.4.2. Densidad Básica .....	35
3.4.2.1. Método .....	35
3.4.3. Determinación de Contracción .....	36

3.4.3.1. Método.....	38
3.5. Análisis Estadístico .....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
4.1. Densidad básica.....	41
4.2. Contenido de humedad.....	49
4.3. Cambios dimensionales .....	54
4.3.1. Contracción longitudinal .....	54
4.3.2. Contracción radial.....	56
4.3.3. Contracción tangencial .....	57
4.3.4. Contracción volumétrica .....	62
4.3.5. Relación T/R.....	66
V. CONCLUSIONES .....	71
VI. RECOMENDACIONES.....	73
VII. ABTRACT .....	74
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
IX. ANEXOS.....	80



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación de la madera al 12% de contenido de humedad.....	4
2. Clasificación de la madera según la densidad básica.....	6
3. Denominación de la madera en función al contenido de humedad.....	10
4. Contracción radial y tangencial del roble.....	14
5. Clasificación de la madera según contracción volumétrica (Cv).....	15
6. Valores promedio de la densidad básica por tratamientos y Orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	42
7. Análisis de variancia de la densidad básica por bloques y tratamientos en la orientación norte de la especie <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	42
8. Análisis de variancia de la densidad básica por bloques y tratamientos en la orientación Sur de la especie <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	43
9. Prueba de significación de Duncan para la densidad básica del tratamiento con la orientación sur de la especie en estudio.....	43
10. Análisis de variancia de la densidad básica para el análisis combinado de la orientación, tratamientos y bloques de la especie forestal <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	44
11. Prueba de significación de Duncan de los tratamientos del análisis combinado en la densidad básica.....	45
12. ANVA de efectos simples o individuales de los tratamientos en función de la orientación de densidad básica.....	45

13. Comparación de la densidad básica de las orientaciones con el tratamiento 1.....	46
14. Comparación de la densidad básica de las orientaciones con el tratamiento 2.....	46
15. Comparación de la densidad básica de las orientaciones con el tratamiento 4.....	46
16. Valores promedio del Contenido de humedad por tratamientos y orientación norte y sur de la especie <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	49
17. ANVA de efectos simples del contenido de humedad de los tratamientos en función de la orientación de la especie en estudio.....	50
18. Prueba de significación de Duncan para el contenido de humedad de los tratamientos con la orientación norte.....	50
19. Comparaciones del contenido de humedad de las orientaciones con el tratamiento 1.....	51
20. Comparaciones del contenido de humedad de las orientaciones con el tratamiento 2.....	51
21. Comparaciones del contenido de humedad de las orientaciones con el tratamiento 3.....	51
22. Comparaciones del contenido de humedad de las orientaciones con el tratamiento 4.....	52
23. Prueba de significación de Duncan del análisis combinado de contenido de humedad de los 5 árboles en estudio.....	52
24. Valores promedio de la contracción longitudinal por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles <i>Calycophyllum spruceanum</i> .	55

25. ANVA de efectos simples Contracción longitudinal de los tratamientos en función de la orientación.....	55
26. Valores promedio de la contracción radial por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles <i>Calycophyllum spruceanum</i> ...	56
27. ANVA de efectos simples Contracción radial de los tratamientos en función de la orientación.....	56
28. Valores promedio de la contracción tangencial por tratamientos y en la orientación norte y sur de la especie <i>Calycophyllum spruceanum</i> ....	57
29. ANVA de efectos simples Contracción tangencial de los tratamientos en función de la orientación.....	58
30. Prueba de significación de Duncan de la Contracción tangencial del análisis combinado.....	58
31. Prueba de significación de Duncan para las Contracción tangencial de los tratamientos con la orientación norte.....	59
32. Prueba de significación de Duncan para las Contracción tangencial de los tratamientos con la orientación sur.....	59
33. Valores promedio de la contracción volumétrica por tratamientos y en la orientación norte y sur de la especie <i>Calycophyllum spruceanum</i>	62
34. ANVA de efectos simples Contracción volumétrico de los tratamientos en función de la orientación.....	63
35. Prueba de significación de Duncan de la Contracción volumétrica del análisis combinado.....	63
36. Prueba de significación de Duncan para la Contracción volumétrica de los tratamientos con la orientación norte.....	64

37. Prueba de significación de Duncan para las Contracción volumétrico de los tratamientos con la orientación sur.....	64
38. Valores promedio de la relación T/R por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	66
39. Análisis de variancia de la Relación T/R para el análisis combinado de orientaciones.....	67
40. Prueba de significación de Duncan de la Relación T/R por tratamientos del análisis combinado.....	67
41. ANVA de efectos simples de la Relación T/R de los tratamientos en función de la orientación.....	68
42. Prueba de significación de Duncan para la Relación T/R de los tratamientos con la orientación sur.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Cuadro	Página
1. Especie de <i>Calycophyllum spruceanum</i> "capirona".....	31
2. Talado del árbol de capirona.....	31
3. Obtención de las probetas.....	33
4. Estratos evaluados en los árboles considerados para el estudio.....	33
5. Esquema de los tratamientos en estudio.....	39
6. Densidad básica promedio de los niveles o tratamientos de las 5 especies de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	47
7. Contenido de humedad promedio de los niveles o tratamientos de los 5 árboles de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	63
8. Cambio dimensional promedio de los niveles de contracción longitudinal radial y tangencial de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	60
9. Contracción volumétrica promedio de los niveles o tratamientos de los 5 árboles de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	65
10. Relación T/R promedio de los niveles o tratamientos de los 5 árboles de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	69

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Área de Tecnología y Aprovechamiento de la Madera; con el propósito de determinar las Propiedades Físicas de una plantación de 8 años de edad de la especie *Calycophyllum spruceanum* conocido vulgarmente como "capirona".

Para determinar las Propiedades Físicas de la especie se tuvo en cuenta las orientaciones norte y sur, para el análisis estadístico se utilizó el programa S.A.S, estableciendo para el análisis los datos de los tipos de muestra con respecto a las propiedades físicas, un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con sub unidades de muestreo, con cinco bloques y cuatro tratamientos, donde los bloques son los árboles y los tratamientos son las trozas (cuatro) obtenidas cada dos metros desde la base hasta el fuste. Aplicando las Normas del Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas (ITINTEC).

Los resultados obtenidos: Densidad básica de  $0,640 \text{ g/cm}^3$ , contenido de humedad 68,72 %, contracción longitudinal 0,208 %, contracción radial 3,313 %, contracción tangencial 6,561 %, contracción volumétrica 9,636 % y la relación T/R 2,095 %. Asimismo la densidad básica, como las demás propiedades resaltaron más en orientación sur.

## I. INTRODUCCIÓN

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

En nuestro país, específicamente en la región Amazónica, los trabajos de investigación sobre las propiedades físicas de la madera son muy generales, razón por la cual es necesario estudiarla, debido a que esta información es muy importante dentro de la industria forestal, para facilitar la labor en el proceso de transformación y poder dar un uso adecuado.

Por esta razón, es necesario resaltar la importancia de ésta investigación por lo que servirá de base para los diferentes trabajos que se realicen en la industria maderera, puesto que proporcionará abundante información sobre las propiedades físicas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hooker F. ex Chuman "capirona".

**Objetivo general**

Determinar la variabilidad de las propiedades físicas de una plantación de 8 años de edad de la especie *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman "Capirona"; en la zona de Tingo Maria, Huánuco, Perú.

**Objetivos específicos**

- Determinar la variabilidad de la densidad básica a cada dos metros de altura del fuste en el lado norte y sur.
- Determinar la variabilidad del contenido de humedad cada dos metros de altura del fuste en el lado norte y sur.
- Determinar el cambio dimensional cada dos metros de altura del fuste en el lado norte y sur.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Propiedades físicas de la madera

#### 2.1.1. Densidad

ANANÍAS (1992) describe que la densidad de la madera expresa la relación entre la masa de los distintos tipos de elementos que forman la madera y el volumen que ellos ocupan. Como la madera es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la madera el volumen interno de espacios vacíos existentes. El contenido de humedad de la madera influye sobre la relación madera - volumen, es decir, es afectado el peso y las dimensiones de la madera. Por ello, se conocen distintos tipos de densidad, entre ellas destacan la densidad básica y la densidad de referencia. Además la densidad de la madera es un criterio usado para estimar las características de resistencia mecánica de la madera satisfactoriamente. Se emplea también como elemento de juicio para estimar la cantidad de material leñoso de una especie. Se puede usar como estimador de la facilidad con que se deja trabajar la madera (cortar, cepillar, moldurar, etc.). Normalmente las maderas de mayor densidad presentan una mejor resistencia mecánica y una mayor cantidad de material leñoso, pero se dejan trabajar y tratar con mayor dificultad.

La densidad es el cociente entre la masa y el volumen de la madera, la cual varía con la humedad, es decir, cuando la humedad crece, la

densidad también crece. La densidad de las maderas es muy variables, de forma particular las coníferas más utilizadas en la construcción tienen una densidad comprendida entre 400 y 550 kg/m<sup>3</sup> y las frondosas entre 600 y 700 kg/m<sup>3</sup>. 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 (g/cm <sup>3</sup> )	
	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).

### **2.1.1.1. 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. En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera. La densidad varía ampliamente entre diferentes especies y tipos de madera (COORPORACION CHILENA DE LA MADERA, 2003).

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

Cuadro 2. Clasificación de la madera según la densidad básica.

GRUPO	RANGO	CLASIFICACIÓN
1	Menos de 0,30	Muy baja (MB)
2	De 0,31 a 0,40	Baja (B)
3	De 0,41 a 0,60	Media (M)
4	De 0,61 a 0,80	Alta (A)
5	Más de 0,81	Muy alta (MA)

Fuente: VIZCARRA (1998).

### 2.1.2. 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 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 esta constituida por los elementos anatómicos, cuyas paredes están formadas por un material absorbente, contiene agua bajo tres formas: como agua libre llenando la cavidad celular; como agua higroscópica, infiltrada en las paredes celulares y como agua de constitución, formando parte integral de la estructura molecular. El estado de la madera cuando se ha evaporado toda el agua libre y comienza a perder el

agua higroscópica, se conoce como el punto de saturación de las fibras. El contenido de humedad de la madera por debajo de este estado influye en forma significativa en las propiedades físicas y mecánicas. La determinación del contenido de humedad en la madera se hace teniendo en cuenta solo los valores del agua libre y de saturación, es decir que comercialmente la madera estará seca o anhidra al 6 % de humedad, que es el valor del agua de constitución química.

Según HERMINIO (2003) el agua en la madera es una de los factores más importantes en la industrialización de ésta, ya que afecta básicamente a la mayoría de los procesos de transformación. Es por esto, que es necesario mantener una diferencia de contenido de humedad homogéneo entre las capas internas de la madera y superficie de la misma. Si en la madera no ocurre esto, se originan en la superficie de la madera tensiones de compresión y en las capas internas de la madera tensiones de tracción. Esta diferencia de humedad entre las capas internas y externas de la madera, es originada por una ejecución de un ciclo de secado en forma rápida. El resultado que trae esto, se pone de manifiesto, cuando una pieza de madera es reaserrada o cepillada, produciéndose en el momento de corte, la deformación de las piezas resultantes. Es importante también, cumplir con los contenidos de humedad finales debido al uso que tendrá la madera, en su lugar de servicio. Y además, por el peligro que trae transportar la madera con un alto contenido de humedad, ya que se corre el riesgo de que se desarrolle algún tipo de microorganismo destructor de la madera.

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

**Agua libre o capilar.** Es la parte del agua presente en la madera que se encuentra relleno el interior de los lúmenes celulares. Su presencia se da cuando el CH es superior al 30%. Es la que da a la madera su condición de "verde" y es la que ocupa las cavidades celulares. La cantidad de agua libre que puede contener una madera está limitada por su volumen de poros. Al comenzar el proceso de secado, el agua libre se va perdiendo por evaporación. Este proceso se produce fácilmente, ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo. Al llegar a este punto, la madera estará en lo que se denomina "punto de saturación de las fibras", que corresponde a un contenido de humedad variable entre el 21 y 32%. Cuando la madera ha alcanzado esta condición, sus paredes celulares están completamente saturadas de agua y sus cavidades vacías. Durante esta fase de secado, la madera no experimenta cambios dimensionales, ni alteraciones en sus propiedades mecánicas. Por tal razón, el punto de saturación de las fibras es muy importante desde el punto de vista físico-mecánico (ÁLVAREZ y FERNÁNDEZ, 1992).

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

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

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

Denominación del estado de la madera	Nivel de humedad (%)	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 madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta, la región de procedencia, la especie forestal, la edad del árbol, entre otros factores. En general, las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las maderas pesadas. La albura, formada por células cuya principal función es la conducción de sustancias nutritivas en solución acuosa, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen, tejido compuesto por células con acumulación de sustancias infiltradas en las cavidades celulares (JUNAC, 1984).

La variación del contenido de humedad de la madera, por su carácter higroscópico, produce un cambio de sus dimensiones cuando se encuentra por debajo del punto de saturación de las fibras. Esta deformación



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

En las especies frondosas la humedad de la albura no varia y la humedad del duramen disminuyen por el tronco hacia arriba. En los árboles jóvenes la humedad es mas 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 1970).

### **2.1.3. 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). La madera

contiene una cierta cantidad de agua depositada en los lúmenes celulares y en las paredes celulares de las fibras. Normalmente cuando la madera intercambia humedad de la pared celular, a consecuencia de esto, se produce variaciones en las dimensiones de la madera, las que son conocidas como contracción o hinchamiento (ANANIAS, 1987).

Son los cambios dimensionales que experimenta la madera en el sentido radial, tangencial y axial, como resultado del cambio de humedad. La madera como material higroscópico absorbe o cede agua según el medio que lo rodea y siempre trata de ponerse en equilibrio con la humedad del ambiente. El secado depende de la temperatura y la humedad relativa del ambiente. Al secarse por debajo del 30 % de contenido de humedad se nota la contracción de la madera debido a su estructura anatómica. La madera es un material anisotrópico y se contrae en diferentes formas según las orientaciones dentro del árbol. La adición de agua u otros líquidos polares en la sustancia de la pared celular causa que la estructura microfibrillas se expande en proporción a la cantidad de líquido que se añade. Esto continúa hasta que alcance el punto de saturación de la fibra. La eliminación de humedad en la pared celular por debajo del punto de saturación de la fibra causa la contracción de la pared celular (SOLANO, 1998).

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 rayos 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).

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.

Cuadro 4. Contracción radial y tangencial del roble.

Contracción radial (%)	Contracción tangencial (%)	Contracción volumétrica (%)
4,6	8,3	12,9

Fuente: PÉREZ (1983).

Existe además, una relación entre los coeficientes de contracción en dirección tangencial y radial ( $R_{tr}$ ). 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  $R_{tr} > 2$  presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería (VIGNOTE, 2000).

ANANÍAS (1992) manifiesta que 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. Igualmente la contracción longitudinal excesiva puede ocasionar los defectos denominados encorvadura y arqueadura.

Cuadro 5. Clasificación de la madera según contracción volumétrica (Cv).

Clase	Cv (%)	Tipo de Comparación
Gran contracción	20 a 15,1	Madera en trozos con grandes grietas de secado, que deberán aserrarse antes del secado.
Contracción mediana	15 a 10,1	Madera en trozos con grietas medianas, pudiendo ser conservada en trozos para estivación de minas y postes.
Pequeña contracción	10 a 5	Madera en trozos con pequeñas grietas que se pueden secar antes de su aserrío o elaboración.

Fuente: PÉREZ (1983).

HERMINIO (2003) describe que la contracción normal es la disminución de dimensiones que sufre la madera al perder humedad bajo el punto de saturación de las fibras, expresada como porcentaje de la dimensión de la madera al estado verde. Las contracciones de la madera pueden suceder sobre el punto de saturación de las fibras cuando están referidas al colapso. Sin embargo, su evidencia principal se da cuando el contenido de humedad está bajo el punto de saturación de las fibras. Se puede observar una deformación armónica, es decir, paralela a las caras de la pieza en secado y

que permite al final del proceso, obtener piezas contraídas pero sin alteraciones o desclasificaciones. En tanto, por defecto del corte de la madera o por tensiones de crecimiento, se puede tener madera que durante el secado evidencian deformaciones anormales sobre y bajo el punto de saturación de las fibras.

La contracción corrientemente se estudia en tres modalidades: radial, tangencial y volumétrica; la relación tangencial-radial permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado (JUNAC 1984).

## **2.2. Variación de las Propiedades Físicas**

Para KOLLMAN (1959) la madera es un material anisotrópico, pues la magnitud de una propiedad física o mecánica varía en la dimensión en que se mida. Se explica por las características anatómicas, fundamentalmente por la distribución de las microfibrillas en la pared secundaria y la orientación de los radios. Así mismo SIAU (1984) y HAYGREEN (1981), nos dicen que es de naturaleza higroscópica, fundamentalmente por que en su composición química presenta los grupos hidroxilo, ambas características se manifiestan con variaciones en la humedad, determinada por la humedad relativa y temperatura.

ARROYO (1983) indica que, la organización estructural de la madera va a determinar las características de la madera y afectar las propiedades físicas, es así que:

- La cantidad de sustancias que contiene la pared celular, es cuantificada mediante el peso específico o densidad de la madera.
- La cantidad de agua presente en la pared celular. Afecta profundamente el comportamiento físico de la madera, no solo por que la adición de agua en la pared celular cambia su densidad y dimensiones, sino también por su efecto sobre la plasticidad y transferencia de energía dentro de la pieza de madera.
- La proporción de los componentes primarios en la pared celular y a la cantidad y naturaleza de las sustancias extrañas. Es responsable de las desviaciones o variabilidades que presenta en su comportamiento cuantitativo.
- El arreglo y orientación de los materiales que forman las paredes celulares así como los tejidos, lo que es causa principal de la anisotropía de la madera.
- El tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que forman el tejido maderable.

Para ARROYO (1983) la estructura de la madera está caracterizada por la cantidad proporcional de las células de varios tipos, como fibras vasos, radios, parénquima, conductos gomíferos y por las dimensiones especialmente el espesor de la pared celular y la longitud de los elementos estructurales.

Para HAYGREEN y BOWYER (1982) la variación de densidades entre plantaciones de pino es atribuible mas a la edad que a la velocidad de crecimiento y especifican que para maderas latifoliadas esta tendencia se

presenta con un aumento rápido de la densidad a través del periodo juvenil y luego se incrementa lenta y constante hasta su madures.

TUSSET (1979) respecto al contenido de humedad nos dice que es sin duda, la propiedad que más influencia tiene sobre todas las demás propiedades. Lo que KOLLMAN (1959); DANJOY (1972) reafirman especificando que el conocimiento del contenido de humedad es importante para su utilización de la madera ya que influye en el peso y afecta a otras propiedades como la resistencia, contracción, durabilidad, conductividad de calor, conductividad eléctrica, permeabilidad, así como también en el preservado o resistencia al ataque de hongos e insectos.

Para GUZMAN (mencionado por Fachin, 1986) bajo ciertas consideraciones se entiende que a mayor contenido de humedad en el árbol, la madera que lo constituye posee las células con un lumen más amplio y paredes delgadas, como consecuencia determina una densidad básica menor o viceversa. Dándose en este caso la contracción volumétrica o los cambios dimensionales en mayor porcentaje en maderas con células de paredes delgadas o gruesas, contradiciéndose en algunos casos a causa por ejemplo de la formación de duramen producido por el almacenamiento de resinas, taninos y materiales colorantes en los espacios intercelulares lo que reduce el material higroscópico de la madera.

ITINTEC (1971) hace referencia en relación a la densidad, que es la razón entre el peso y el volumen de la madera a un determinado contenido de humedad, lo que se interpreta como un reflejo del volumen proporcional de



la madera que es ocupado por la sustancia celular y con esto Herrera (1987) establece que la presencia de extractivos pueden dar una ficticia densidad y llegar a resultados erróneos.

En cuanto al peso de la madera DANJOY (1972) nos dice que, es la suma de las sustancias que conforman las paredes celulares, de las sustancias químicas o extractivas y del contenido de humedad; el conocimiento de esto nos ayudara a entender las variaciones que se pueden presentar en las propiedades de la madera.

AROSTEGUI (1982) menciona que, debemos tener en cuenta que en el momento de comparar pesos específicos se debe hacer e muestras que tengan el mismo contenido de humedad, KOLLMAN (1959) agrega que para eso se ha establecido como puntos de comparación los valores fijos de 0 % y 12 % de humedad con la finalidad de obtener mejores comparaciones.

DANJOY (1972), especifica que estas deformaciones no presentan la misma magnitud en las tres dimensiones, por ser la madera un material anisotrópico. KOLLMAN (1959) al respecto dice que, en la dirección axial o longitudinal la contracción es mínima, mientras que en la dirección tangencial se da la mayor variación y menor en la radial, la suma de los valores cuánticos de estas tres contracciones nos da el valor numérico de la contracción volumétrica.

TUSSET (1979) agrega que, las contracciones se presentan por debajo del punto de saturación de las fibras, por la pérdida de agua higroscópica.

En este sentido la humedad y la anisotropía para AROSTEGUI (1982) son los factores más importantes, los cuales también están afectados por las variaciones de las condiciones climáticas (humedad relativa y temperatura), lo que para KOLLMAN (1959) dan origen a los cambios dimensionales, causando en algunos casos tensiones muy fuertes en la parte interna de la madera, originando defectos durante el secado, tales como grietas y deformaciones. Para determinar en cierta manera el comportamiento de los cambios, existe un índice de estabilidad de la madera el que está dado por la relación entre la contracción tangencial y radial (T/R).

### **2.3. 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, TUSSET (1979) agrega que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

Así como LARSON (mencionado 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.

Asimismo, FACHIN (1986) indica que 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 sea 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.

CASTRO (1972) menciona 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 arboles de maderas duras se desarrollan en terrenos secos y arcillosos.

## **2.4. Factores que inciden en el secado de la madera**

### **2.4.1. Factores de la madera**

#### **2.4.1.1. Influencia de la estructura anatómica**

SOLANO (1998) indica que, considerando que las células son alargadas y en su mayoría dispuestas en el sentido paralelo al eje del árbol, comunicadas entre sí por punteaduras y perforaciones se deduce que el movimiento del agua dentro de la madera y de allí a la superficie se efectúa con mayor facilidad en dirección longitudinal. Teniendo en cuenta los tres diferentes planos, determinados por el eje del árbol los radios leñosos y los anillos de crecimiento se ha establecido que la madera en el sentido longitudinal se seca en promedio tres veces más rápido que en el sentido radial y dos veces más que en el sentido tangencial. El tamaño de las células los contenidos que posean y la proporción de cada una de ellas en el leño tienen también influencia en el secado.

#### **2.4.1.2. 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.

### **2.2.1.3. La anisotropía**

De acuerdo a SOLANO (1998) 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. La contracción volumétrica total de una madera es la suma de sus tres contracciones y de acuerdo a ella las maderas se pueden clasificar así:

0,35 %	: Contracción baja
0,36 % - 0,55 %	: Contracción moderada
0,56 % - 0,75 %	: Contracción alta
0,76 % - 1,00 %	: Contracción muy alta

## **2.5. Características generales de *Calycophyllum spruceanun* (Bentham)**

**Hooker F. ex Chuman**

### **2.5.1. Descripción dendrológica**

Según LAO (1986) esta especie pertenece a la familia Rubiaceae. El árbol es recto con copa heterogénea, hasta 30 m de altura, fácilmente reconocible por su tronco liso y brillante, rojizo, verduzco o grisáceo, con ritidoma coriáceo, caduco anualmente; hojas simples, opuestas y pecioladas; flores pequeñas, blancas y aromáticas.

### 2.5.2. Aspectos taxonómicos

MOSTACERO (2002) hace la siguiente descripción taxonómica:

Clase	: MAGNOLIOPSIDA
Subclase	: ASTERIDAE
Orden	: RUBIALES
Familia	: RUBIACEAE
Genero	: <i>Calycophyllum</i>
Espécie	: <i>Spruceanum</i>
Nombre Científico	: <i>Calycophyllum spruceanum</i>
Nombre Vulgar	: Capirona

### 2.5.3. Características organolépticas

Según ARÓSTEGUI (1975) la capirona presenta las siguientes características organolépticas.

Color: El tronco bien cortado presenta las capas externas de la madera de color blanco cremoso y las capas internas de color blanco pardo con vetas de color marrón claro, observándose entre ambas capas muy poco contraste en el color.

Olor: No distintivo.

Lustre o brillo: Medio.

Grano: Recto ha ligeramente entrecruzado.

Textura: Fina.

Veteado: Jaspeado tenue, bandas paralelas.

### 2.5.4. Características tecnológicas

Según la FAO (2002) la capirona es una madera muy pesada, que presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es moderadamente estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media a alta.

#### a. Propiedades físicas

Densidad básica	:	0,76 g/cm <sup>3</sup> .
Contracción tangencial	:	9,00 %
Contracción radial	:	5,00 %
Contracción volumétrica	:	15,00 %

#### b. Propiedades mecánicas

Módulo de elasticidad en flexión	:	100.000 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de rotura en flexión	:	723 kg/cm <sup>2</sup>
Compresión paralela (RM)	:	283 kg/cm <sup>2</sup>
Compresión perpendicular (ELP)	:	67 kg/cm <sup>2</sup>
Corte paralelo a las fibras	:	87 kg/cm <sup>2</sup>
Dureza en los lados	:	425 kg/cm <sup>2</sup>
Tenacidad (resistencia al choque)	:	2 kg-m

### 2.5.5. Aserrió y secado

Madera moderadamente fácil de aserrar y de buen comportamiento. Al secado artificial se comporta en forma regular, requiere un programa suave para evitar los riesgos de agrietamiento. Trabajabilidad difícil



debido a su dureza, presenta riesgos de rajaduras al cl  
acabados buenos (FAO, 2002).

### **2.5.6. Durabilidad**

Tiene buena resistencia al ataque biológico, no requiere preservación, madera durable, especialmente en elementos fuera del contacto con el suelo (FAO, 2002).

### **2.5.7. Utilidad**

La capirona es una de las especies destaca por sus características favorables, coloración uniforme y facilidad de aserrío; a pesar de su elevada densidad, no tiene problemas en el secado en piezas de pequeño espesor y longitud, alta resistencia al clavado. En base a las propiedades descritas, la madera de capirona puede utilizarse en pisos, columnas, machihembrados, parquet, molduras, tarugos, construcción naval, estructuras pesadas, postes, vigas, carrocerías, tornería, ebanistería, artículos deportivos como raquetas de ping pong y tenis, mangos de herramientas, escultura, arcos, etc. (FAO, 2002). Además, la capirona tiene múltiples propiedades medicinales: su corteza, en infusión es útil para infecciones oculares, la diabetes y males ováricos, en emplastos es muy buen cicatrizante y antimicótico. La savia de este árbol tiene propiedades cosméticas, borra las manchas y cicatrices en la piel y previene las arrugas. Su potencial medicinal le otorga muchas posibilidades de desarrollo en la industria médica y farmacéutica (FLORES, 2002).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

Los ensayos físicos se realizaron en el Área de tecnología y Aprovechamiento de la Madera de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicado en la ciudad de Tingo María, Distrito Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. Las coordenadas geográficas son: Latitud Sur 09° 09' 00" y longitud Oeste 75° 57' 00". Altitud 660 m.s.n.m. Temperatura 24.2 °C. Precipitación medio anual 629 mm.

Fuente: Estación meteorológica y climatológica "José Abelardo Quiñónez"(2008).

Ecológicamente, de acuerdo a la clasificación de zonas de vida y el diagrama bioclimático de Leslie R. Holdridge, Tingo María se encuentra en la formación vegetal de Bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical ( bmh-PST ).

#### **3.2. Materiales y equipos**

##### **3.2.1. Material biológico**

Muestras de madera de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman (capirona).

### **3.2.2. Material de campo**

Los materiales comúnmente usados en campo para este tipo de trabajos fueron: Libreta de apuntes, plumón indeleble, wincha de 30 m, machete, punzón, calibradora de espesor, garlopa eléctrica, motosierra, sierra disco.

### **3.2.3. Materiales y equipos de laboratorio y de gabinete**

Balanza eléctrica con precisión de 0.01g., cera parafina, desecador, estufa eléctrica, hornilla eléctrica, micrómetro, punzón, soporte universal, vaso de precipitación, vernier digital; cámara digital y formularios. Que fueron usados principalmente para las pruebas desarrolladas en el laboratorio.

## **3.3. Metodología**

La metodología para ejecutar la presente tesis, estuvo regida a reglas, que se basan en las normas del Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC) y Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT).

### **3.3.1. Colección de muestras**

Las muestras fueron colectadas de cinco (05) árboles de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman "capirona", en una plantación de 8 años de edad que fueron extraídas de la vía Tingo Maria – Huánuco en el campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), a los cuales se midió el diámetro a la altura del pecho (dap) y se determinó la

orientación norte y sur de los árboles. Esta fase se realizó siguiendo la metodología según norma ITINTEC 251. 008.



Figura 1. Especie de *Calycophyllum spruceanum* "capirona"

### 3.3.2. Talado, trozado y aserrío primario

Se realizó el tumbado correspondiente con la motosierra, cuidando la caída mediante una orientación adecuada para que en el suelo se mida la altura comercial y total. Luego se realizó el trozado de los árboles cada 2 m (cuatro trozas por árbol), para obtener las muestras correspondientes.



Figura 2. Talado del árbol de capirona

### **3.3.3. Transporte**

Las trozas fueron trasladadas con un tractor al Área de tecnología y Aprovechamiento de la Madera de la Facultad de Recursos Naturales Renovables. Posteriormente se aserraron longitudinalmente con motosierra, en tres secciones, obteniéndose un tablón central y dos tapas laterales.

### **3.3.4. Obtención de probetas**

Del tablón obtuvimos las viguetas para luego tener probetas con dimensiones de 3 cm x 3 cm x 10 cm por cada troza respetando su dirección y orientación, tal como se establece en la norma ITINTEC.

Cada probeta fue codificada cuidadosamente con un plumón indeleble, para luego ser llevados al laboratorio para su análisis

correspondiente. Estas se codificaron de la siguiente manera: 111N, 111S, 112N, 112S, 113N, 113S; haciendo las repeticiones de cada una de ellas.

Donde:

**111N:** Nivel uno, troza uno, probeta uno, Norte

**111S:** Nivel uno, troza uno, probeta uno, Sur

**112N:** Nivel dos, troza dos, probeta dos, Norte.

**112S:** Nivel dos, troza dos, probeta dos, Sur.



Figura 3. Obtención de las probetas

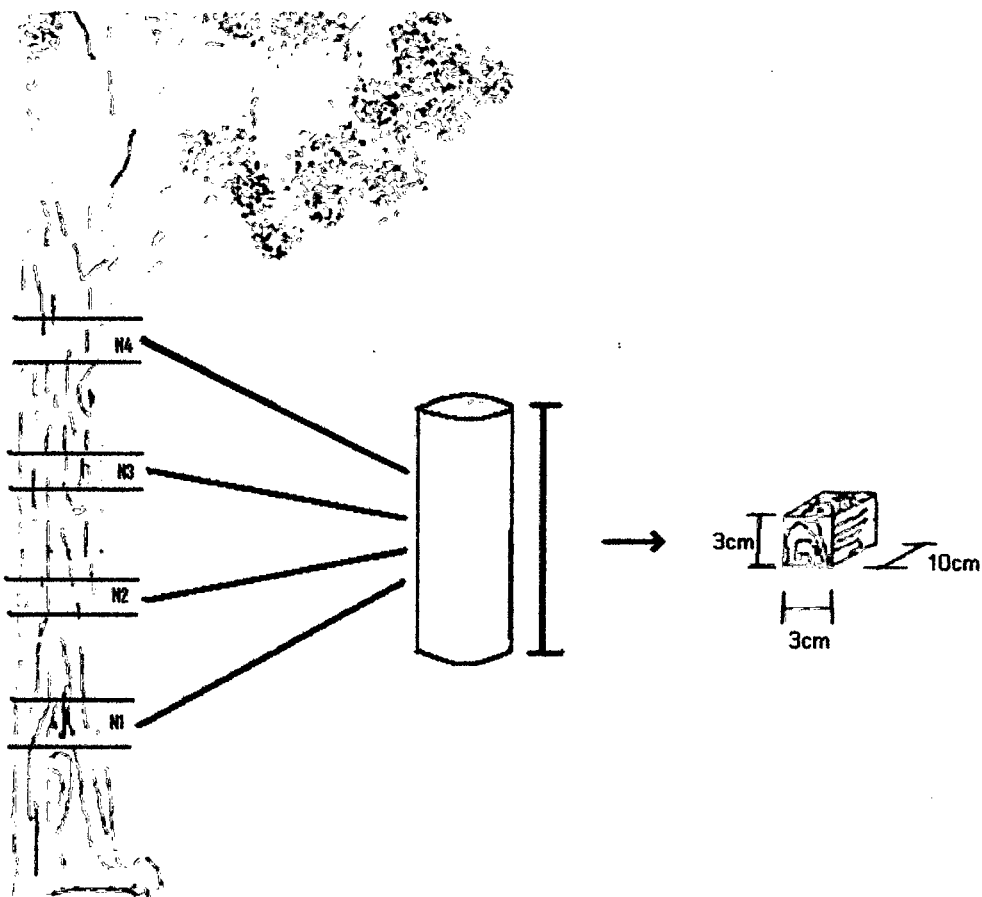


Figura 4. Estratos evaluados en los árboles considerados para el estudio.

### 3.4. Determinación de las propiedades físicas

Para los ensayos físicos se emplearon Normas ITINTEC.

#### 3.4.1. Contenido de humedad

La determinación de esta propiedad se realizó siguiendo la norma ITINTEC 251.010 con probetas de 3x3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud se utilizaron 16 probetas por árbol.

Se calculo el contenido de humedad con la siguiente formula.

$$CH(S) = \frac{ph - psh}{psh} \times 100$$

Donde:

CH (s) = Contenido de humedad en condición seca.

Ph = Peso húmedo.

Psh = Peso seco al horno

##### 3.4.1.1. Método

Para la determinación del contenido de humedad (CH); se pesaron cada una de las probetas en estado verde para obtener el peso húmedo (PH), expresado en gramos y luego se colocaron en la estufa, seguidamente se aplicó un calentamiento gradual de 40°, 60°, 80° y 103 ± 2 °C, dejando las probetas a esta temperatura por un espacio de 24 horas, después se retiraron las muestras de la estufa y se dejaron enfriar en el desecador por un espacio de 10 minutos, luego se pesaron; una vez que se pesó se introdujo nuevamente al horno por una hora; repitiendo este proceso hasta obtener un peso constante o peso seco al horno (Psh).



### 3.4.2. Densidad básica

La determinación de esta propiedad se realizó siguiendo la norma ITINTEC 251.011 con probetas de 3x3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud se utilizaron 16 probetas por árbol.

La densidad se determinó con la siguiente formula.

$$DB = \frac{Psh}{Vh} \times 100$$

Donde:

DB = Densidad básica.

Psh= Peso seco al horno.

Vh = Volumen húmedo.

#### 3.4.2.1 Método

La densidad se determinó en base a la norma ITINTEC 251.011, se pesaron las probetas en estado saturado para obtener el peso húmedo (PH).

El volumen húmedo (VH) se determinó en forma indirecta, sumergiendo la probeta en un peso conocido de agua sin tocar el fondo del recipiente y se registra el incremento de peso correspondiente, que presenta el volumen desplazado por la probeta. Luego las probetas se colocaron en la estufa aplicando un calentamiento gradual de 40°, 60°, 80° y 130 °C ± 2 °C manteniendo en esta temperatura por 24 horas; se retiraron las probetas de la estufa, se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. Se repitió el

tratamiento hasta obtener el peso constante. En esta forma se consiguió el peso seco al horno (PSh).

Posteriormente las probetas fueron parafinados, para determinar el volumen seco al horno (Vsh), en forma indirecta por inmersión en agua.

### 3.4.3. Determinación de contracción

A partir de las viguetas seleccionadas según la Norma ITINTEC 251.008, se prepararon las probetas de 3x3 cm de sección transversal y de 10 cm de longitud. Fueron preparados de tal manera que dos de sus caras paralelas entre si sean superficies tangenciales a los anillos de crecimiento, y las otra dos caras resultaron en dirección paralela a los radios, con el eje longitudinal de la probeta paralela a la dirección de las fibras.

La contracción total de la madera (desde húmeda a seco al horno), se calculó con las fórmulas siguientes:

$$CTt = \frac{dth - dtsh}{dth} \times 100$$

Donde:

CTt = Contracción tangencial total.

Dth = Dimensión tangencial humedad.

Dtsh = Dimensión tangencial seca al horno.

La determinación de la contracción radial se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$CRt = \frac{drh - drsh}{drh} \times 100$$

Donde:

CRt = Contracción radial total.

Drh = Dimensión radial húmeda.

Drsh = Dimensión radial seca al horno.

La contracción longitudinal se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$CLt = \frac{dlh - dlsh}{dlh} \times 100$$

Donde:

CLt = Contracción longitudinal total.

Dlh = Dimensión longitudinal húmeda.

Dlsh = Dimensión longitudinal seca al horno.

La determinación de la contracción volumétrica se efectuó de la siguiente manera:

$$CVt = \frac{vh - vsh}{vh} \times 100$$

Donde:

CVt = Contracción volumétrica total.

Vh = Volumen húmedo.

Vsh = Volumen seco al horno

### **3.4.3.1. Método**

Para determinación de la contracción se siguió la Norma ITINTEC 251.012, se identificaron y se marcaron las caras tangenciales (tg) y radiales (rd) inmediatamente después de preparado las probetas se midieron en los puntos centrales, se secaron las probetas en la estufa a una temperatura gradual de 40°, 60°, 80° y 130 °C  $\pm$  2 °C.

Después se enfriaron en el desecador las probetas y se midieron las dimensiones tangenciales y radiales.

### **3.5. Análisis estadístico**

Se utilizó el programa S.A.S, estableciendo para el análisis los datos de los tipos de muestra con respecto a las propiedades físicas, un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con sub unidades de muestreo, con cuatro tratamientos y cinco bloques. Donde los tratamientos son las trozas (cuatro) obtenidas cada dos metros de altura.

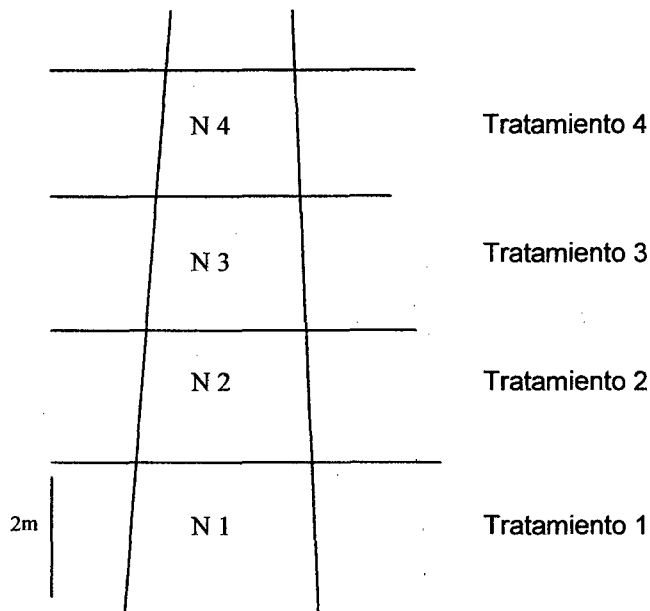


Figura 5. Esquema de los tratamientos en estudio.

Para el análisis de los datos de cada factor con respecto a las propiedades físicas se utilizó el mismo diseño, variando cada análisis en el número de tratamientos dependiendo de los tipos de factores, para la comparación de medidas se utilizó la prueba de DUNCAN ( $\alpha = 0.05$ ), el diseño está representado por el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \lambda_{ijk}$$

Para:

$i = 1, 2, 3, 4$  tratamiento

$j = 1, 2, 3, 4, 5$  bloques o repeticiones

$k = 1, 2, 3$  sub unidades de muestreo

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es el valor observado en la k-ésima sub unidad correspondiente a la unidad experimental del j-ésimo bloque a la cual se le aplico el i-ésimo tratamiento de las propiedades físicas.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento de las propiedades físicas.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio del error experimental asociado a dicha observación.

$\lambda_{ijk}$  = Es el efecto aleatorio del error de muestreo asociado a la observación  $Y_{ijk}$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo tienen que ver exclusivamente con las propiedades físicas de la madera *Calycophyllum spruceanum*. “capirona”, como la densidad básica, contenido de humedad y contracciones, cuyos datos encontrados en el laboratorio fueron adecuadamente tabulados para luego ser sometidos a un riguroso análisis de variancia a través de un diseño de bloques completo al azar (DBCA), donde no solo se analizaron los bloques y los tratamientos, sino que se complemento con las interacciones de los tratamientos, bloques y la orientación de los árboles de capirona. Además para que los resultados tengan una mayor credibilidad estadística se hicieron análisis de variancia de las variables combinadas y del efecto simple que puede causar la orientación y el tratamiento por cada propiedad física estudiada.

### 4.1. Densidad básica

En el Cuadro 6 se tiene los datos promedios de la densidad básica por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente.

Cuadro 6. Valores promedio de la densidad básica por tratamientos y Orientación norte y sur de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

Tratamientos (i)	Orientación		Prom. total
	N	S	
T-1	0,657	0,627	0,642
T-2	0,618	0,643	0,630
T-3	0,637	0,645	0,641
T-4	0,633	0,657	0,645
<b>Prom. General</b>	<b>0,636</b>	<b>0,643</b>	<b>0,640</b>

Del ANVA realizado en el Cuadro 7 observamos que el efecto de los bloques en relación a la densidad básica es no significativo; mientras que en los tratamientos, ello nos demuestra que para cualquier tratamiento en la planta la densidad básica es significativo estadísticamente en la orientación norte que lo veremos cuando analicemos la prueba de significancia de Duncan.

Cuadro 7. Análisis de variancia de la densidad básica por bloques y tratamientos en la orientación norte de la especie *Calycophyllum spruceanum*.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
Bloques	4	0,0037	0,0009	2,86	NS
Tratamientos	3	0,0039	0,0013	4,01	*
Error Exp.	12	0,0039	0,0003		
Total	19	0,0116			
	CV=	2,84%			



Del ANVA del Cuadro 8 podemos manifestar que en la orientación sur es no significativo en los tratamientos con respecto a la densidad básica se refiere.

Cuadro 8. Análisis de variancia de la densidad básica por bloques y tratamientos en la orientación Sur de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum*.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
Bloques	4	0,0184	0,0046	11,34	*
Tratamientos	3	0,0024	0,0008	1,96	NS
Error Exp.	12	0,0049	0,0004		
Total	19	0,0257			
CV=		3,14%			

Analizando la prueba de Duncan en el Cuadro 9 observamos que el tratamiento 1 es diferente a los tratamientos 3, 4, y 2 pero no hay diferencia significativa en los tratamientos 3 y 4. Las comparaciones de los tratamientos con la orientación norte se aprecian en el (Anexo 1).

Cuadro 9. Prueba de significación de Duncan para la densidad básicas del tratamiento con la orientación norte de la especie en estudio.

Trat. x Orient.	Promedios	Significación
T-1 o1	0,657	a
T-3 o1	0,637	b
T-4 o1	0,633	b
T-2 o1	0,618	c

En el Cuadro 10 se observa que la orientación en forma independiente no influye en la densidad básica, y con los tratamientos en forma independiente donde sale no significativo como podemos comprobar en el (Cuadro 11) cuando analicemos la prueba de significancia de Duncan.

Cuadro 10. Análisis de variancia de la densidad básica para el análisis combinado de la orientación, tratamientos y bloques de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum*.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
Orientación	1	0,0004	0,0004	1,28	NS
Bloques/Orient.	8	0,0222	0,0028	8,51	**
Tratamientos	3	0,0013	0,0004	1,30	NS
Trat. x Orient.	3	0,0050	0,0017	5,17	*
Error Conjunto	27	0,0009	0,0003		
Total	39	0,0377			
	CV=	2,82%			

En el Cuadro 11, podemos observar que no hay diferencia estadística en los tratamientos en lo que a densidad básica se refiere, lo cual nos demuestra que los tratamientos son iguales estadísticamente y como se aprecia en el (Anexo 2).

Cuadro 11. Prueba de significación de Duncan de los tratamientos del análisis combinado en la densidad básica.

Tratamientos	Promedios	Significación
T-4	0,645	a
T-1	0,642	a
T-3	0,641	a
T-2	0,630	a

Para poder sustentar mejor lo manifestado de los primeros ANVAS (Cuadros 7 y 8) fue necesario realizar el ANVA de los efectos simples donde se tuvo en cuenta todos los tratamientos en las dos orientaciones y las orientaciones con cada uno los tratamientos tal como se aprecia en el cuadro 12, donde se visualiza que en todos los casos la diferencia estadística es no significativo en la orientación sur, pero si existen la orientación norte, y así mismo con los tratamientos 1, 2 y 4 existe diferencia estadística por lo tanto es necesario realizar la prueba de Duncan.

Cuadro 12. ANVA de efectos simples o individuales de los tratamientos en función de la orientación de densidad básica.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
T en o1	3	0,0039	0,0013	4,02	*
T en o2	3	0,0024	0,0008	2,45	NS
O en T1	1	0,0024	0,0024	7,28	*
O en T2	1	0,0015	0,0015	4,59	*
O en T3	1	0,0002	0,0002	0,53	NS
O en T4	1	0,0014	0,0014	4,38	*
Error Conjunto	27	0,0088	0,0003		

En los Cuadros del 13 al 15 (Anexos 3 al 5), se aprecia las comparaciones promedios de las orientaciones norte y sur de la densidad básica.

Cuadro 13. Comparación de la densidad básica de las orientaciones con el tratamiento 1.

<b>Orient. x T-1</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
o2 T-1	0,657	a
o1 T-1	0,627	b

Cuadro 14. Comparación de la densidad básica de las orientaciones con el tratamiento 2.

<b>Orient. x T-2</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
o1 T-2	0,643	a
o2 T-2	0,618	b

Cuadro 15. Comparación de la densidad básica de las orientaciones con el tratamiento 4.

<b>Orient. x T-4</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
o1 T-4	0,657	a
o2 T-4	0,633	b

Cuando comparamos las orientaciones norte y sur en el tratamiento 1, 2, y 4 en relación a la densidad básica vemos que existe diferencia estadística.

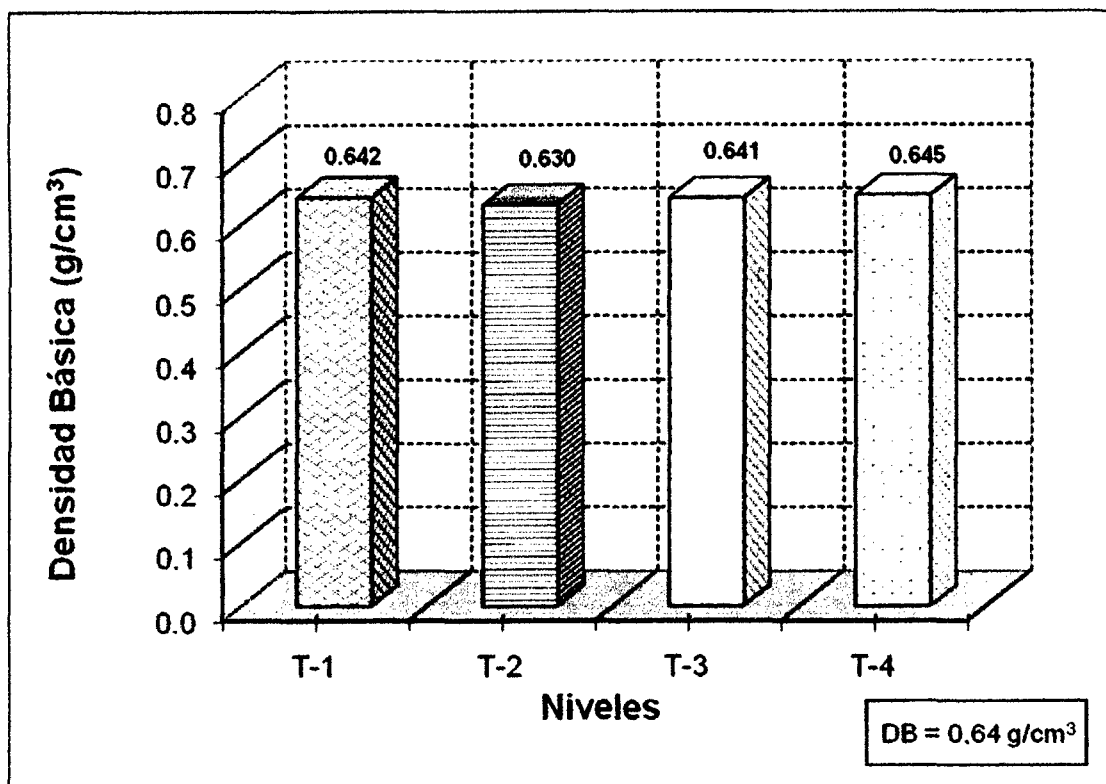


Figura 6. Densidad básica promedio de los niveles o tratamientos de las 5 especies de *Calycophyllum spruceanum*.

Según los resultados promedios hay diferencia estadística en la orientación norte como se aprecia en el Cuadro 9 cuando se realiza la prueba de Duncan, mientras que los tratamientos en el ANVA de análisis combinado la densidad básica no hay diferencia estadística como se aprecia en el Cuadro 11 cuando se realiza la prueba de Duncan.

Como observamos en la Figura 6 dentro de los tratamientos, vemos que el valor promedio mayor se da en el tratamiento o nivel 4 el cual solo llega al (0,645 g/cm<sup>3</sup>), el tratamiento 3 es (0,641 g/cm<sup>3</sup>), el tratamiento 2 el menor valor que es (0,630 g/cm<sup>3</sup>) y el tratamiento 1 es (0,642 g/cm<sup>3</sup>). Los cuales incrementan su valor a mayor altura del árbol, coincidiendo con los resultados

encontrados por un grupo de investigadores que han estudiado la forma en que varia esta característica a lo largo del árbol, llegando a la conclusión de que aumenta desde la base hacia la copa (TUSSET Y DURAN, 1980).

Como se puede notar según los resultados también merece citarse la influencia de la orientación, que se manifiesta cuando una parte es favorecida en su crecimiento por las condiciones del medio (por ejemplo, la acción del viento), como hace referencia (KOLLMAN 1959) en el *Pino silvestre* es aun más marcada la disminución de peso de norte a sur, como se aprecia en el Cuadro 6.

El valor promedio general de la densidad básica de la capirona a una edad de 8 años es ( $0,64 \text{ g/cm}^3$ ) como se aprecia en la Figura 6, valor que está relativamente alejado de ( $0,76 \text{ g/cm}^3$ ) según la (FAO 2002), estos datos posiblemente se realizaron en diferentes edades del árbol.

El valor promedio de densidad básica numéricamente tiende a incrementarse con respecto al incremento de la edad, esta tendencia es mencionada por HAYGREEN y BOWYER (1982) que dicen que la variación de densidades entre plantaciones es atribuible mas a la edad que a la velocidad de crecimiento.

Asimismo SOUDRE (2004) hace mención con respecto al incremento de la edad en la especie de *Cedrelinga cateniformis* observándose la menor densidad básica a los 9 años ( $0,30 \text{ g/cm}^3$ ) y la mayor a los 14 años ( $0,37 \text{ g/cm}^3$ ).

## 4.2. Contenido de humedad

En el Cuadro 16 se tiene los datos promedios del contenido de humedad por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente

Cuadro 16. Valores promedio del Contenido de humedad por tratamientos y orientación norte y sur de la especie *Calycophyllum spruceanum*.

Tratamientos (i)	Orientación		Prom. total
	N	S	
T-1	74,312	67,632	70,972
T-2	66,442	72,713	69,578
T-3	65,883	69,144	67,514
T-4	65,146	68,471	66,808
<b>Prom. General</b>	<b>67,946</b>	<b>69.490</b>	<b>68,718</b>

En el Anexo 6 se aprecia el ANVA del análisis combinado en lo que a orientaciones y tratamientos se refiere salió no significativo.

En el Cuadro 17 se tiene las siguientes observaciones, en primer lugar vemos que el efecto de los tratamientos en la orientación norte es altamente significativo como se aprecia en el Anexo 7 del ANVA en la orientación norte, lo cual determina que debemos realizar la prueba de Duncan como se aprecia en el Cuadro 18, sin embargo el efecto de los tratamientos en la orientación Sur es no significativo, el efecto de la orientación por cada uno de los tratamientos vemos que en el tratamiento 1, 2 son significativos y los

tratamientos 3, 4 son no significativos cuando realizamos el ANVA de efectos simple.

Cuadro 17. ANVA de efectos simples del contenido de humedad de los tratamientos en función de la orientación de la especie en estudio.

<b>F. de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>cal</sub></b>	<b>Signif.</b>
T en o1	3	274,4210	91,4737	5,64	**
T en o2	3	74,9895	24,9965	1,54	NS
O en T1	1	111,5568	111,5568	6,88	*
O en T2	1	98,3017	98,3017	6,06	*
O en T3	1	26,5874	26,5874	1,64	NS
O en T4	1	27,6451	27,6451	1,71	NS
Error Conjunto	27	437,6193	16,2081		

Como se observa en el Cuadro 18, se tiene que en la orientación norte el tratamiento 1 es diferente de los demás, mientras que los tratamientos 2, 3 y 4 son iguales estadísticamente, esto demuestra que en el tratamiento 1 en la orientación norte hay una mayor humedad que en los demás, las comparaciones se aprecia en el (Anexo 8).

Cuadro 18. Prueba de significación de Duncan para el contenido de humedad de los tratamientos con la orientación norte.

<b>Trat. x Orient.</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
T-1 o1	74,312	a
T-2 o1	66,442	b
T-3 o1	65,883	b
T-4 o1	65,146	b



En los Cuadros del 19 al 22 (Anexos 9 al 12), se aprecia las comparaciones promedios de las orientaciones norte y sur del contenido de humedad.

Cuadro 19. Comparaciones del contenido de humedad de las orientaciones con el tratamiento 1.

<b>Orient. x T-1</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
o1 T-1	74,312	a
o2 T-1	67,632	b

Cuadro 20. Comparaciones del contenido de humedad de las orientaciones con el tratamiento 2.

<b>Orient. xT-2</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
o2 T-2	72,713	a
o1 T-2	66,442	b

Cuadro 21. Comparaciones del contenido de humedad de las orientaciones con el tratamiento 3.

<b>Orient. xT-3</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
o2 T-3	69,144	a
o1 T-3	65,883	b

Cuadro 22. Comparaciones del contenido de humedad de las orientaciones con el tratamiento 4.

<b>Orient. xT-4</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
o2 T-4	68,471	a
o1 T-4	65,146	b

Quando comparamos las orientaciones norte y sur en el tratamiento 1, 2, 3 y 4 en relación al contenido de humedad vemos que existe diferencia estadística.

En el Cuadro 23, podemos ver que hay diferencia estadística en los tratamientos en lo que a contenido de humedad se refiere, lo cual nos demuestra que los tratamientos son diferentes estadísticamente, la comparación de los tratamientos lo observamos el (Anexo 13).

Cuadro 23. Prueba de significación de Duncan del análisis combinado de contenido de humedad de los 5 árboles en estudio.

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
T-1	70,972	a
T-2	69,578	b
T-3	67,514	c
T-4	66,808	c

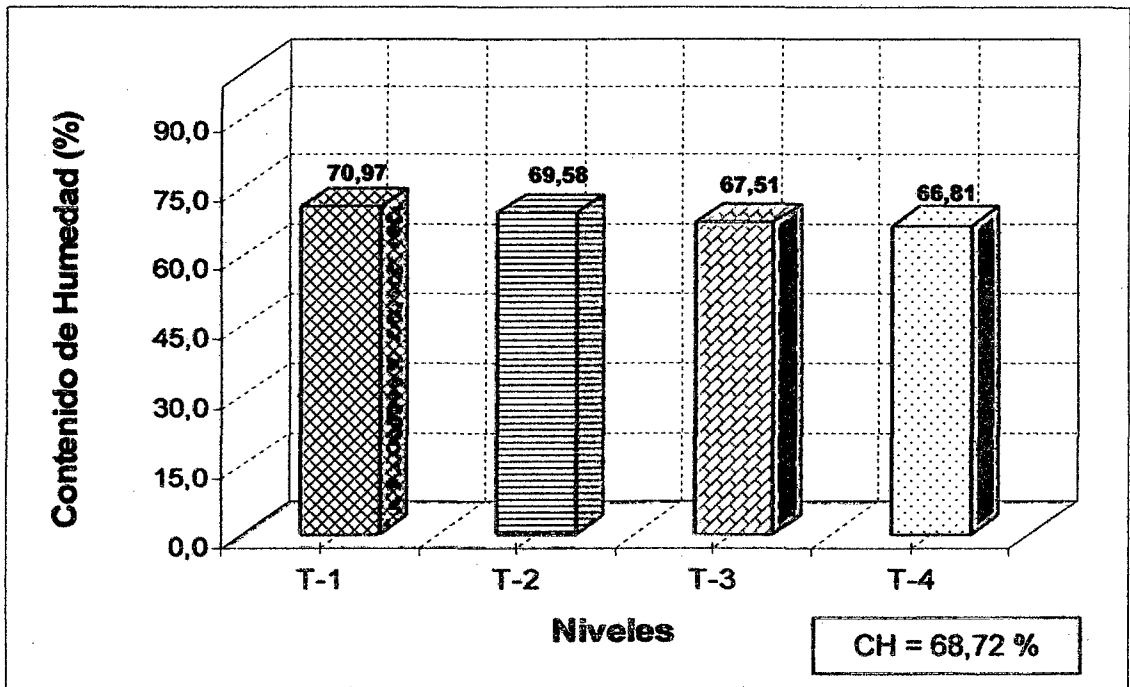


Figura 7. Contenido de humedad promedio de los niveles o tratamientos de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*

Según los resultados promedios hay diferencia estadística en la orientación norte como se aprecia en el Cuadro 18 cuando se realiza la prueba de Duncan, mientras cuando se analiza los tratamientos en el ANVA de análisis combinado del contenido de humedad no hay diferencia estadísticamente como se aprecia en el (Anexo 6).

Como observamos en la Figura 7 dentro de los tratamientos, vemos que el valor promedio mayor se da en el tratamiento o nivel 1 el cual solo llega a (70,97 %), el tratamiento 2 es (69,58 %), el tratamiento 3 es (67,51 %) y el tratamiento 4 es (66,81 %). Como se observa en la figura el contenido de humedad en el tronco del árbol varía según la altura.

Asimismo GREGORIEV (1985) nos dice que, la humedad de la albura en las coníferas aumentan de abajo hacia arriba, mientras que la humedad de duramen no cambia; en las latifoliadas la humedad de la albura no varía y la humedad del duramen disminuye hacia arriba. Manifiesta también 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.

Como se puede observar en el Cuadro 16 vemos que en la orientación norte el contenido de humedad es menor (67,46 %) y en la orientación sur es mayor (69,490 %). Un aumento en el contenido de humedad ocasionaría una densidad muy alta (GRIOGORIEV 1985), como sucede con la orientación sur.

El valor promedio general del contenido de humedad de la capirona a una edad de 8 años es (68,72 %) como se aprecia en la Figura 4.

### **4.3. Cambio dimensional**

#### **4.3.1. Contracción longitudinal**

En el Cuadro 24 se tiene los datos promedios de la contracción longitudinal por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente.

Cuadro 24. Valores promedio de la contracción longitudinal por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

Tratamientos (i)	Orientación		Prom. total
	N	S	
T-1	0,267	0,260	0,264
T-2	0,171	0,169	0,170
T-3	0,208	0,173	0,190
T-4	0,237	0,179	0,208
<b>Prom. General</b>	<b>0,221</b>	<b>0,195</b>	<b>0,208</b>

En el Cuadro 25, podemos observar que los tratamientos en la orientación norte y sur así como las orientaciones con los tratamientos 1, 2, 3 y 4 son no significativo por lo tanto no es necesario realizar la prueba de significación de Duncan. En los (Anexos 14 al 17), se aprecia las comparaciones promedios de las orientaciones norte y sur de la contracción longitudinal.

Cuadro 25. ANVA de efectos simples Contracción longitudinal de los tratamientos en función de la orientación.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
T en o1	3	0,0252	0,0084	2,43	NS
T en o2	3	0,0287	0,0096	2,78	NS
O en T1	1	0,0001	0,0001	0,03	NS
O en T2	1	0,0000	0,0000	0,01	NS
O en T3	1	0,0031	0,0031	0,90	NS
O en T4	1	0,0084	0,0084	2,44	NS
Error Conjunto	27	0,0931	0,0034		

### 4.3.2. Contracción Radial

En el Cuadro 26 se tiene los datos promedios de la contracción radial por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente.

Cuadro 26. Valores promedio de la contracción radial por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles *Calycophyllum spruceanum*.

Tratamientos (i)	Orientación		Prom. total
	N	S	
T-1	3,208	2,774	2,991
T-2	3,035	3,338	3,187
T-3	3,362	3,692	3,527
T-4	3,600	3,495	3,547
<b>Prom. General</b>	<b>3,301</b>	<b>3,325</b>	<b>3,313</b>

Cuadro 27. ANVA de efectos simples Contracción radial de los tratamientos en función de la orientación.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
T en o1	3	0,8617	0,2872	0,64	NS
T en o2	3	2,3345	0,7782	1,74	NS
O en T1	1	0,4706	0,4706	1,05	NS
O en T2	1	0,2290	0,2290	0,51	NS
O en T3	1	0,2721	0,2721	0,61	NS
O en T4	1	0,0275	0,0275	0,06	NS
Error Conjunto	27	12,0770	0,4473		

T en o1 : Norte

T en o2 : Sur

En el Cuadro 27 se tiene el ANVA de la contracción radial en forma de efectos simples donde observamos que los tratamientos en las orientaciones norte y sur es no significativo lo mismo sucede con las orientaciones con cada tratamiento son no significativos por lo tanto no fue necesario realizar la prueba de Duncan como sucede con la contracción longitudinal.

#### 4.3.3. Contracción Tangencial

En el Cuadro 28 se tiene los datos promedios de la contracción tangencial por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente.

Cuadro 28. Valores promedio de la contracción tangencial por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles *Calycophyllum spruceanum*.

Tratamientos (i)	Orientación		Prom. total
	N	S	
T-1	6,879	7,853	7,366
T-2	6,612	6,609	6,610
T-3	6,220	6,484	6,352
T-4	5,872	5,956	5,914
<b>Prom. General</b>	<b>6,397</b>	<b>6,726</b>	<b>6,561</b>

En el Cuadro 29 se tiene el ANVA de la contracción tangencial en forma de efectos simples donde observamos que los tratamientos en la orientación norte y sur así como para las orientaciones con el tratamiento 1

existe diferencia estadística por lo tanto es necesario realizar la prueba de Duncan. En relación a las orientaciones con cada tratamiento diremos que para las orientaciones con los tratamientos 2, 3 y 4 no existe diferencia estadística.

Cuadro 29. ANVA de efectos simples Contracción tangencial de los tratamientos en función de la orientación.

<b>F. de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>cal</sub></b>	<b>Signif.</b>
T en o1	3	2,9267	0,9756	3,28	*
T en o2	3	9,6777	3,2259	10,85	**
O en T1	1	2,3713	2,3713	7,97	*
O en T2	1	0,0000	0,0000	0,00	NS
O en T3	1	0,1749	0,1749	0,59	NS
O en T4	1	0,0174	0,0174	0,06	NS
Error Conjunto	27	8,0312	0,2975		

En el Cuadro 30, podemos observar que hay diferencia estadística en el tratamiento 1 con los demás tratamientos. Mientras que los tratamientos 2 y 3 no hay diferencia estadística así como el tratamiento 3 y 4. Las comparaciones de la contracción tangencial de los tratamientos con la orientación se aprecian mejor en el (Anexo 18).

Cuadro 30. Prueba de significación de Duncan de la Contracción tangencial del análisis combinado.

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
T-1	7,366	a
T-2	6,611	b
T-3	6,352	b
T-4	5,914	b



En el Cuadro 31 Y 32, observamos la prueba de Duncan de la orientación norte y sur, vemos que el tratamiento 1 en el norte es igual al tratamiento 2 y diferente de los demás tratamientos, en el sur el tratamiento 2 es igual que el tratamiento 3, lo cual hacen diferir a la orientación norte con la orientación sur. En los (Anexos 19 y 20) se tiene las comparaciones de la contracción tangencial de los tratamientos en la orientación norte y sur.

Las comparaciones de las orientaciones con cada uno de los tratamientos se aprecian en los (Anexo 21 al 24).

Cuadro 31. Prueba de significación de Duncan para las Contracción tangencial de los tratamiento con la orientación norte.

<b>Trat. x o1</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
T-1 o1	6,88	a
T-2 o1	6,61	a
T-3 o1	6,22	b
T-4 o1	5,87	c

Cuadro 32. Prueba de significación de Duncan para las Contracción tangencial de los tratamiento con la orientación sur.

<b>Trat. x o2</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
T-1 o2	7,853	a
T-2 o2	6,609	b
T-3 o2	6,484	b
T-4 o2	5,956	c

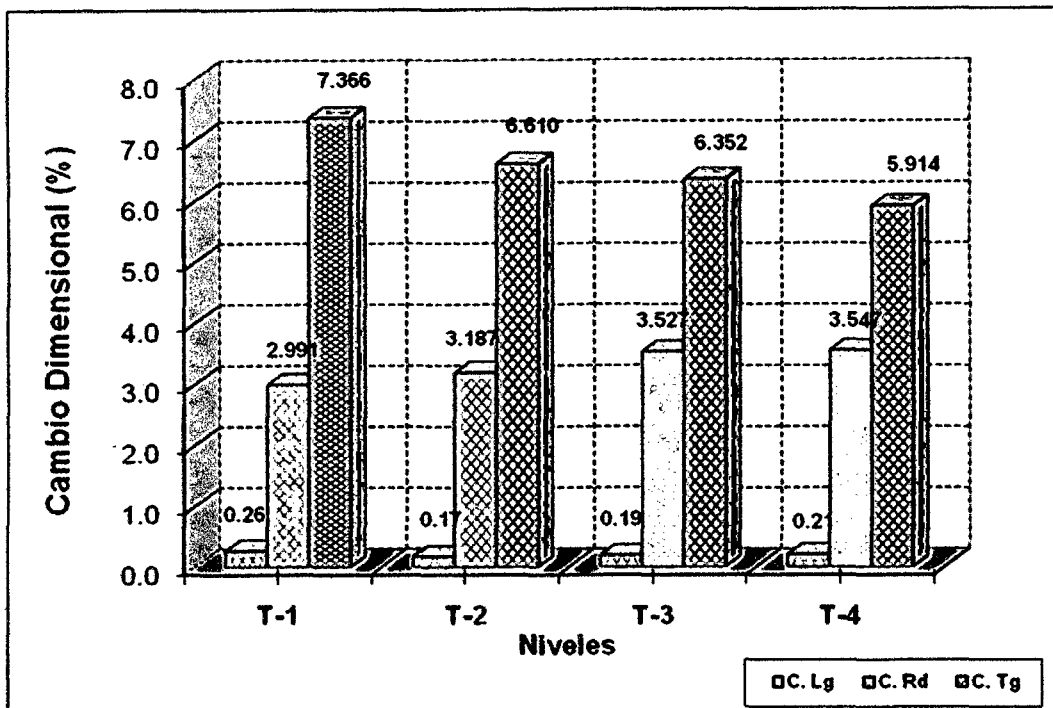


Figura 8. Cambio dimensional promedio de los niveles de contracción longitudinal, radial y tangencial de *Calycophyllum spruceanum*

En los Cuadros 24, 26 y 28 el promedio general de la contracción longitudinal es de 0,208 %, siendo este valor despreciable en el secado de la madera, la máxima contracción lineal, la experimentó el plano tangencial siendo 6,561 % más contráctil en relación al plano radial 3,313 %. Las diferencias entre las contracciones lineales se explican por la gran cantidad y ancho de los rayos medulares y a la orientación de las fibrillas en la pared celular y de las fibras (KOLLMAN y COTÉ, 1968), 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), 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 higroscópica. 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).

Con respecto a la edad el valor promedio de la contracción tangencial, radial y volumétrica tienden a incrementarse con respecto a la edad del árbol, como lo establece SOUDRE (2004), que la contracción tangencial, radial y volumétrica tiende a incrementarse desde los 9 años (6,22 %) hasta los 14 años (6,83 %).

Según la FAO (2002) la capirona es una madera muy pesada, que presenta contracciones tangencial 9,00 %, radial 5,00 % y la contracción volumétrica 15,00% es moderadamente estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media a alta. Estos resultados son diferentes con nuestros resultados debido a la edad del árbol.

#### 4.3.4. Contracción volumétrica

En el Cuadro 33 se tiene los datos promedios de la contracción tangencial por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente

Cuadro 33. Valores promedio de la contracción volumétrica por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

Tratamientos (i)	Orientación		Prom. total
	N	S	
T-1	10,037	10,569	10,303
T-2	9,334	9,785	9,559
T-3	9,085	9,934	9,509
T-4	9,134	9,182	9,158
<b>Prom. General</b>	<b>9,397</b>	<b>9,867</b>	<b>9,632</b>

En el Cuadro 34 se tiene el ANVA de la contracción volumétrica en forma de efectos simples donde observamos que los tratamientos en la orientación norte es significativo lo mismo sucede con los tratamientos con la orientación sur. En relación a las orientaciones con cada tratamiento diremos que para las orientaciones con los tratamientos 2 es no significativo. Para este caso se tuvo que hacer dos pruebas de Duncan independientemente para cada orientación debido a que en ambos casos sale significativos, estos resultados lo tenemos en el (Anexo 25 y 26).

Cuadro 34. ANVA de efectos simples Contracción volumétrico de los tratamientos en función de la orientación.

<b>F. de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>cal</sub></b>	<b>Signif.</b>
T en o1	3	2,8992	0,9664	7,85	*
T en o2	3	4,8601	1,6200	13,16	**
O en T1	1	0,5087	0,5087	4,13	*
O en T2	1	0,0059	0,0059	0,05	NS
O en T3	1	1,8030	1,8030	14,65	**
O en T4	1	0,7074	0,7074	5,75	*
Error Conjunto	27	3,3235	0,1231		

En el Cuadro 35, cuando analizamos la prueba de Duncan hay diferencia estadística, el tratamiento 1 es diferente a los demás tratamientos en lo que a contracción volumétrica se refieren, pero no hay entre los tratamientos 2 y 3. En el (Anexo 27) se realizó la comparación de las contracciones volumétricas de los tratamientos.

Cuadro 35. Prueba de significación de Duncan de la Contracción volumétrica del análisis combinado.

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
T-1	10,302	a
T-2	9,559	b
T-3	9,509	b
T-4	9,158	c

En el Cuadro 36, cuando analizamos la prueba de Duncan observamos que en la orientación norte el tratamiento 1 es diferente de los demás tratamientos, mientras que el tratamiento 2 es igual con el tratamiento 4

así como el tratamiento 4 y 3. En el (Anexo 28) se tienen las comparaciones de la contracción volumétrica de los tratamientos de la orientación norte.

Cuadro 36. Prueba de significación de Duncan para la Contracción volumétrica de los tratamientos con la orientación norte.

<b>Trat. x o1</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
T-1 o1	10,037	a
T-2 o1	9,334	b
T-4 o1	9,134	b
T-3 o1	9,085	b

En el Cuadro 37, cuando analizamos la prueba de Duncan de los tratamientos con la orientación sur observamos que el tratamiento 1 es diferente de los demás tratamientos, pero el tratamiento 3 es igual que el tratamiento 2. En el anexo 29 se tienen las comparaciones de la contracción volumétrica de los tratamientos en la orientación sur. Las comparaciones de las orientaciones con cada uno de los tratamientos se aprecian en los (Anexos 30 al 33).

Cuadro 37. Prueba de significación de Duncan para las Contracción volumétrico de los tratamiento con la orientación sur.

<b>Trat. x o2</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
T-1 o2	10,569	a
T-3 o2	9,934	b
T-2 o2	9,785	b
T-4 o2	9,182	c

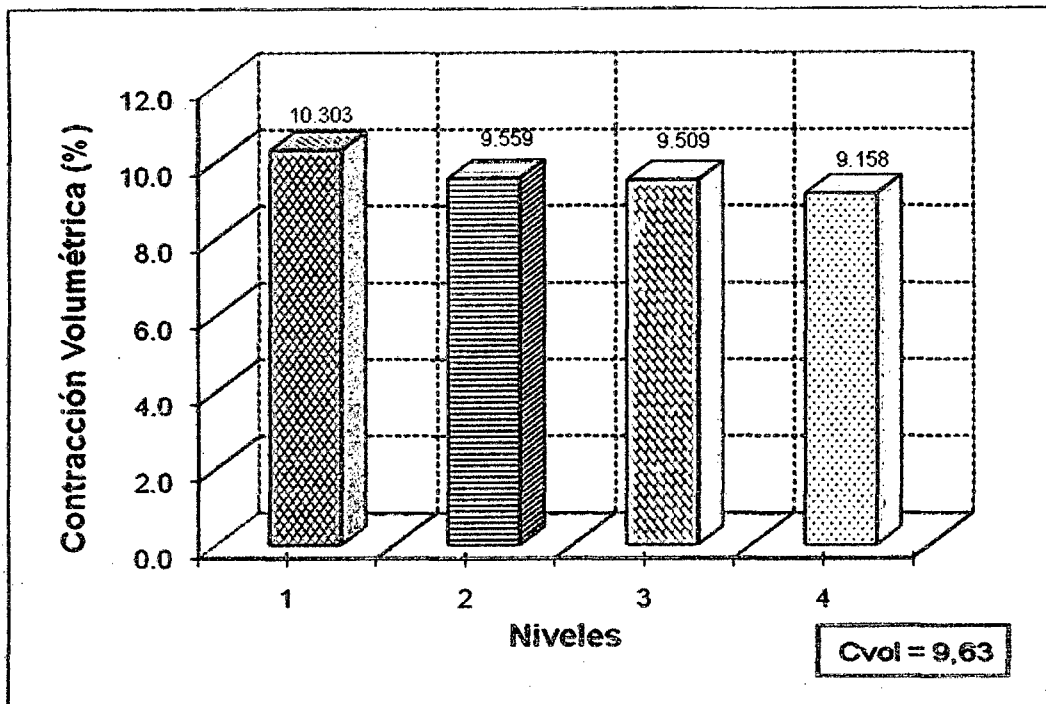


Figura 9. Contracción volumétrica promedio de los niveles o tratamientos de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

La contracción volumétrica total de la madera de *Calycophyllum spruceanum*, es de 9,632 % lo cual la coloca dentro de la clasificación de la madera según la contracción volumétrica en la clase de pequeña contracción de 10 a 5, madera en trozos con pequeñas grietas que se pueden secar antes de su aserrío o elaboración (PEREZ 1983) referido en el Cuadro 6.

Según la FAO (2002), la capirona tiene una contracción volumétrica de 15,00 % es moderadamente estable. Lo cual estaría dentro de la clasificación de la madera según la contracción volumétrica en la clase de mediana contracción de 15 a 10.1, madera en trozos con grietas medianas,

pudiendo ser conservada en trozos para estivación de minas y postes. Estos resultados son diferentes con nuestros resultados debido a la edad del árbol.

#### 4.3.5. Relación T/R

En el Cuadro 38 se tiene los datos promedios de la contracción radial por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de las orientaciones así como el promedio general de la densidad básica respectivamente.

Cuadro 38. Valores promedio de la relación T/R por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

Tratamientos (i)	Orientación		Prom. total
	N	S	
T-1	2,177	2,990	2,584
T-2	2,289	2,070	2,180
T-3	1,962	1,794	1,878
T-4	1,709	1,763	1,736
<b>Prom. General</b>	<b>2,034</b>	<b>2,154</b>	<b>2,095</b>

El ANVA realizado en el Cuadro 39 nos demuestra que la Relación T/R para el análisis combinado de las orientaciones es no significativa y para la interacción bloques con orientación mientras que para los tratamientos es significativo. Para establecer la diferencia estadística que nos da el ANVA del Cuadro 39 realizamos la prueba de diferencia de Duncan que lo ilustramos en el Cuadro 40.



Cuadro 39. Análisis de variancia de la Relación T/R para el análisis combinado de orientaciones.

<b>F. de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>cal</sub></b>	<b>Signif.</b>
Orientación	1	0,1432	0,1432	0,48	NS
Bloques/Orient.	8	1,8627	0,2328	0,78	NS
Tratamientos	3	4,2155	1,4052	4,70	*
Trat. x Orient.	3	1,7033	0,5678	1,90	NS
Error Conjunto	27	8,068	0,2988		
Total	39	15,9926			

En el Cuadro 40, cuando analizamos la prueba de Duncan de los tratamientos del análisis combinado observamos diferencia estadística el tratamiento 1 con los demás tratamientos, pero entre 3 y 4 no los hay diferencia estadística. En el (Anexo 34) se realizó las comparaciones de las Relación T/R de los tratamientos.

Cuadro 40. Prueba de significación de Duncan de la Relación T/R por tratamientos del análisis combinado

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significación</b>
T-1	2,584	a
T-2	2,178	b
T-3	1,878	c
T-4	1,736	c

En el Cuadro 41 se tiene el ANVA de la Relación T/R en forma de efectos simples donde observamos que los tratamientos en la orientación norte es no significativo lo que no sucede con los tratamientos con la orientación sur, donde es altamente significativo. En relación a las orientaciones con cada tratamiento diremos que para las orientaciones con los tratamientos 2, 3 y 4 es no significativo.

Cuadro 41. ANVA de efectos simples de la Relación T/R de los tratamientos en función de la orientación.

<b>F. de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F<sub>cat</sub></b>	<b>Signif.</b>
T en o1	3	0,9812	0,3271	1,09	NS
T en o2	3	4,9376	1,6459	5,51	**
O en T1	1	1,6491	1,6491	5,52	*
O en T2	1	0,1200	0,1200	0,40	NS
O en T3	1	0,0703	0,0703	0,24	NS
O en T4	1	0,0071	0,0071	0,02	NS
Error Conjunto	27	8,0680	0,2988		

En el cuadro 42, observamos que el tratamiento 1 es diferente a los demás tratamientos, pero el tratamiento 3 y 4 son iguales, en la orientación sur. En el (Anexo 35) se tiene la comparación de la relación T/R de los tratamientos en la orientación sur.

Las comparaciones de las orientaciones con cada uno de los tratamientos con respecto a la relación T/R se aprecian en los (Anexos 35 al 36).

Cuadro 42. Prueba de significación de Duncan para la Relación T/R de los tratamiento con la orientación sur.

Trat. x o2	Promedios	Significación
T-1 o2	2,990	a
T-2 o2	2,070	b
T-3 o2	1,794	c
T-4 o2	1,763	c

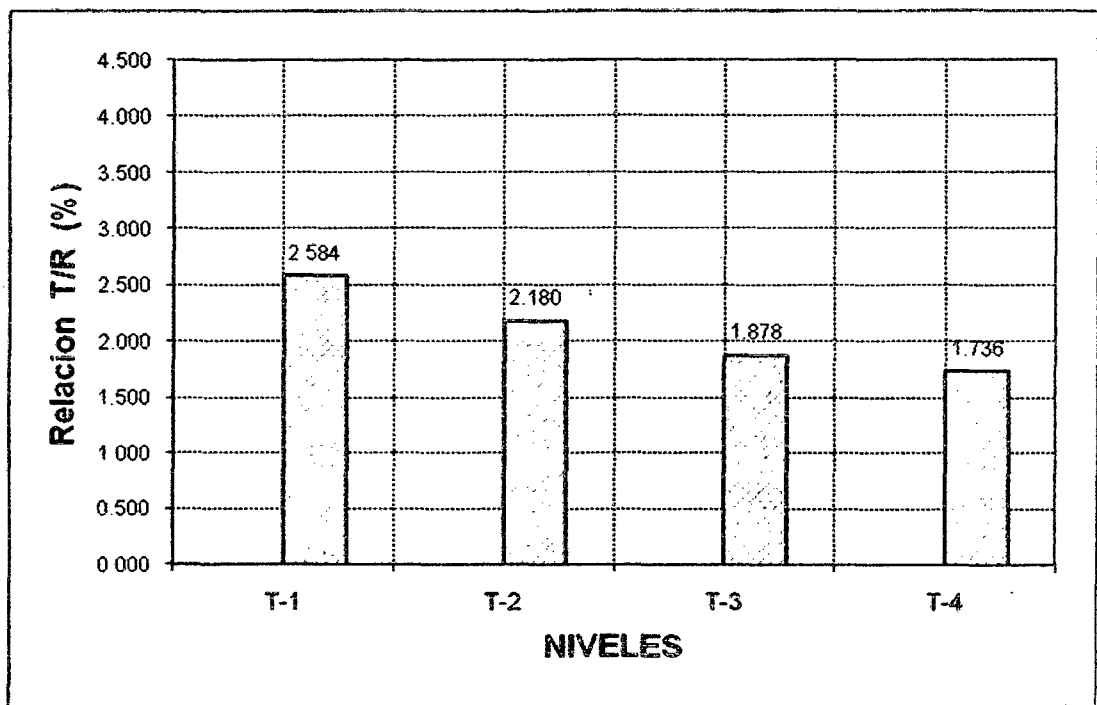


Figura 10. Relación T/R promedio de los niveles o tratamientos de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

Como observamos en la Figura 10, vemos que relación T/R varia en los tratamientos desde la base hacia la copa del árbol y observamos que el tratamiento 4 ,3 y 2 van a tener un buen comportamiento al secado lo que no sucede con el tratamiento 1 que tendrá mayor tendencia a rajaduras y agrietamiento de la madera por tener una relación t/r muy elevada.

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

KOLLMANN (1595), 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.

Los valores encontrados en la relación de anisotropía de la especie *Calycophyllum spruceanum* (capirona) fue de 2,095 que de acuerdo a lo mencionado por (OLIVEIRA y SILVA, 2003), la relación T/R esta en el rango de 1,5 a 2,5 por la cual la capirona no tendrá mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado.

## V. CONCLUSIONES

1. La densidad básica de la madera de *Calycophyllum spruceanum* a la edad de 8 años es de  $0,640 \text{ g/cm}^3$  clasificándose como alta.

La densidad básica en la orientación sur es el que contiene mayor densidad básica  $0,643 \text{ g/cm}^3$  y la menor en la orientación norte  $0,636 \text{ g/cm}^3$  como se aprecia en el Cuadro 6.

2. El contenido de humedad de la madera de *Calycophyllum spruceanum* a la edad de 8 años es de  $68,72 \%$ .

El contenido de humedad en la madera en la orientación sur es el que contiene mayor cantidad de agua ( $69,490 \%$ ), que en la orientación norte ( $67,964 \%$ ).

3. Los cambios dimensionales de *Calycophyllum spruceanum* a la edad de 8 años fueron: Contracción longitudinal  $0,208 \%$ , la máxima contracción lineal, la experimentó el plano tangencial siendo  $6,561 \%$  más contráctil en relación al plano radial  $3,313 \%$ , la contracción volumétrica es de  $9,636 \%$  lo cual la coloca dentro de la clasificación de la madera según la contracción volumétrica en la clase de pequeña contracción, que se pueden secar antes de su aserrío, la relación de anisotropía es de  $2.095 \%$  lo cual se encuentra

en el rango de 1,5 a 2,5 por lo cual la capirona no tendrá mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Es necesario investigar más sobre la evolución de las propiedades de la madera con respecto a la edad, dado que es un factor que más influye en las propiedades físicas. Asimismo es recomendable realizar la caracterización anatómica de la madera, la cual ayudaría a reforzar los resultados que se puedan obtener.
2. Las técnicas y procedimientos del manejo de bosques deben incluir estudios tecnológicos de las especies, sobre todo si se tiene como fin el aprovechamiento industrial. Esto permitirá conocer su evolución tecnológica, con la posibilidad de analizar sus resultados conjuntamente con el crecimiento volumétrico y fijar turnos apropiados para optimizar el aprovechamiento del bosque.
3. Difundir toda información o estudio tecnológico, por lo menos a nivel nacional para dar impulso y conocimiento de maderas de nuestra Amazonia al mercado; así evitar el seleccionismo extractivo de especies.

## VII. ABSTRACT

The present work realized in the National University Agricultural of Forestry, Empower of Renewable Natural Resources, Area of Technology and Aprovechamiento of the Wood; With the purpose to determine the physical properties of the wood of *Calycophyllum spruceanum* (capirona) obtained of a plantation of 8 years of age. The probetas were obtained of the logs. taking in account the orientation north – south .The statistical analysis was realized with the program SAS, establishing for such effect the data of the types of sample regarding the physical properties, a design in blocks entirely at random (DBCA) with sub-unities of samples, with five blocks and four treatments; Where the blocks are the trees and the treatments are the logs (four) obtained to each two subways from the base until the fuste. They applied the Norms of the Institute of Technological Investigation and of Technical Norms (ITINTEC). The results obtained, basic density of 0,640 g/cm<sup>3</sup>, contained of humidity 68,72 %, contraction longitudinal 0,208 %, contraction radial 3,313 %, contraction tangencial 6,561, contracción volumétrica 9,63 % and the relation T/R 2,095 %. Likewise the basic density, as the other properties resulted more in orientation south.



### VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, H., FERNÁNDEZ – GOLFÍN, J. 1992. Fundamentos Teóricos del Secado de la Madera. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid (España). p 33; 34; 124; 125.
- ANANÍAS, R. 1992. Física de la Madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41p.
- ANANIAS, R. A., GUTIÉRREZ, M. 1987. Water Diffusion in Wood. Actas VI Reunión sobre Investigación y Desarrollo en Productos Forestales, Universidad del Bio-Bio, Concepción. 8 p.
- AROSTEGUI, A. 1975. Características Tecnológicas y Uso de 145 Especies del País. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 483 p.
- AROSTEGUI, A. 1982. Recopilación y Análisis de Estudio Tecnológico de Maderas Peruanas. Documento de trabajo N<sup>o</sup> 2 PNUD/FAO 81/002. Lima – Perú. 57 p.
- ARROYO, J. 1983. Propiedades Físico – Mecánicas de la madera, Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela 186 p.
- BRAVO E, M. 1993. Anatomía y Propiedades Físicas de *Pinus radiata* D.Don en diferentes edades. UNCP Huancayo – Perú 43 p.

- BRAKO, L., ZARUCCHI, J. 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden. 1286 p.
- BOYD, J.D. 1974 "Anisotropic shrinkage of wood: Identification of the dominant determinants".
- CASTRO; F. 1972. Estudio Anatómico, Físico y Mecánico de 15 Especies Tropicales de Iparia. Tesis. UNAC. Huancayo. 98 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.
- ~~COORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA, 2003. Manual para la Construcción de Vivienda en Madera. Capítulo I. Chile. 55p.~~
- CUEVAS, E. 2003. Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera. Material de Apoyo en Propiedades Físicas y Mecánicas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 68 p.
- DÍAZ, P. P. 2005. Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de Madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) Proveniente de la Zona de Cauquenes. Tesis Ing. en Industrias de la Madera. Universidad de Talca. Talca, Chile. 179 p.
- DANJOY A, W. 1972. Comparativo Altitudinal sobre Propiedades Físico – Mecánicas de una Especie Maderable de Selva Alta. UNCP. Huancayo – Perú 95 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 Iquitos – Perú 98 p.
- FLORES B. Y. 2002. Semillas de Especies Forestales de Importancia Económica en la Región Ucayali. Primera edición. INIA. Pucallpa, Perú. 81p.
- FONT, P. 1978. Botánica Pintoresca. Biblioteca Hispánica. Editorial Sopena. Barcelona, España. 719 p.
- GONZALES, R. 1996. Secado de Madera. UNALM. Lima, Perú. 164 p.
- GRIGORIEV. 1985. Estudio para Materiales para Ebanistas y Carpinteros. Editorial MIR MOSCU-URSS. Rusia. 240 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.
- HAYGREEN, J.; BOWYER, J. 1982. Forest Products and Wood Science. An Introduction Iowa – EUA 495 p.
- ITINTEC (1971) Maderas. Selección y Colección de Muestras. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.008 Lima Perú 12 p.

ITINTEC (1971) Instituto Tecnológico Industrial de Normas Técnicas. Método de Determinación de Contenido de Humedad. Norma Técnica Peruana 251.010. Lima Perú 2 p.

ITINTEC (1971) Maderas. Método de determinación de Densidad. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.011. Lima Perú 7 p.

ITINTEC (1971) Maderas. 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 (1959). Descripción General y Anatómica de 105 Especies del Grupo Andino. PADT – REFORT. Colombia. 248 p.

KOLLMANN (1959). Tecnología de la madera y sus Aplicaciones. Instituto Forestal de Investigación y Experiencias al Servicio de la madera V.1 657 p.

KOLLMANN, F. (1970). Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones. Madrid-España. 6-18 p.

KOLLMAN, F.. COTÉ.1968 "Principles of Wood Science and Technology. Vol 1: Solid Wood". New York,USA. 592 p.

- LAO, R. 1986. Descripción Dendrológica de 51 Especies Forestales. Asentamiento Rural Forestal Von Humboldt. Huánuco, Perú. 232p.
- MOSTACERO LEON J. MEJIA C. F. y GAMARRA T. 2002 Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Vol. 1. Ed. Normas Legales S.A.C. 667p.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2002. Evaluación de la Capirona. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/AG/aGL/agll/rla128/inia/inia-p4/inia-p4-22.htm>, 25 Jun. 2008).
- OLIVEIRA, J.T.S Y SILVA, J.C.2003 "Variación radial da retratibilidade de densidades básica da madeira de Eucalyptus saligna Sm.". Revista *Árvore*, Vicososa-MG. 27(3):381-385.
- PASHIN A.; DE ZEEUW, C. 1981. Textbook of Wood Technology. 4 th.Ed. McGraw-Hill, New York 6: 201-210; 7: 237-272.
- 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.
- SIAU J., F. 1984. Transport Processes in Wood. Springer Series. In Wood Science. Syracuse New York EUA 245 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.
- TUSSET; DURAN, P. 1979. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Montevideo Uruguay. 668 p.
- VIGNOTE, S. 2000. Tecnología de la Madera en Construcción Arquitectónica. Editorial Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 277p.
- VIZCARRA, S. 1998. Guía para el Secado de la Madera en Horno. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz, Bolivia. 64p.
- SOUDRE Z., K. 2004. Influencia de cuatro Factores de Crecimiento en la Variación de las Propiedades Físicas en la madera de *Cedrelinga cteniformis* Ducke (tornillo), de las Plantaciones Establecidas en el Bosque Alexander Von Humboldt, Ucayali. Tesis Ing. Forestal. Lima Perú, Universidad nacional agraria la Molina. 53p.

**IX. ANEXO**

Anexo 1. Comparaciones de la densidad básica en los tratamientos de la orientación norte de la especie en estudio.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
T-1 o2	T-3 o2	0,657	0,637	0,021	0,0105	*
T-1 o2	T-4 o2	0,657	0,633	0,024	0,0110	*
T-1 o2	T-2 o2	0,657	0,618	0,039	0,0113	*
T-3 o2	T-4 o2	0,637	0,633	0,003	0,0105	NS
T-3 o2	T-2 o2	0,637	0,618	0,018	0,0110	*
T-4 o2	T-2 o2	0,633	0,618	0,015	0,0105	*

Anexo 2. Comparaciones de la densidad básica de los tratamientos del análisis combinado de la especie en estudio.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS(D)	Signif.
T-4	T-3	0,6454	0,6410	0,0044	0,0162	NS
T-4	T-1	0,6454	0,6400	0,0054	0,0176	NS
T-4	T-2	0,6454	0,6320	0,0134	0,0179	NS
T-3	T-1	0,6410	0,6400	0,0010	0,0170	NS
T-3	T-2	0,6410	0,6320	0,0090	0,0176	NS
T-1	T-2	0,6400	0,6320	0,0080	0,0162	NS

Anexo 3. Comparación de la densidad básica de la orientación norte y sur con el tratamiento 1.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
o2 T-1	o1 T-1	0,657	0,627	0,030	0,0105	*



Anexo 4. Comparación de la densidad básica de la orientación norte y sur con el tratamiento 2.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
o1 T-2	o2 T-2	0,643	0,618	0,025	0,0105	*

Anexo 5. Comparación de la densidad básica de la orientación norte y sur con el tratamiento 4.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
o1 T-4	o2 T-4	0,657	0,633	0,024	0,0105	*

Anexo 6. Análisis de variancia del contenido de humedad para el análisis combinado de de tratamientos y bloques en relación a la orientación de la especie en estudio.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
Orientación	1	23,8478	23,8478	1,47	NS
Bloques/Orient.	8	870,7547	108,8443	6,72	**
Tratamientos	3	109,1674	36,3891	2,25	NS
Trat. x Orient.	3	240,2432	80,0811	4,94	*
Error Conjunto	27	437,619	16,2081		
Total	39	1681.6322			
CV=		5,86%			

Anexo 7. Análisis de variancia del contenido de humedad por bloques y tratamientos en la orientación norte de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum*.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
Bloques	4	660,0079	165,0020	9,55	**
Tratamientos	3	274,4210	91,4737	5,30	*
Error Exp.	12	207,2711	17,2726		
Total	19	1141,7000			
CV=		6,12%			

Anexo 8. Comparaciones del contenido de humedad en los tratamientos de la orientación norte de la especie en estudio.

Comparaciones		Promedios	Diferencia	ALS (D)	Signif.	
T-1 o2	T-2 o2	74,312	66,442	7,870	2,3350	*
T-1 o2	T-3 o2	74,312	65,883	8,429	2,4478	*
T-1 o2	T-4 o2	74,312	65,146	9,166	2,5202	*
T-2 o2	T-3 o2	66,442	65,883	0,559	2,3350	NS
T-2 o2	T-4 o2	66,442	65,146	1,297	2,4478	NS
T-3 o2	T-4 o2	65,883	65,146	0,738	2,3350	NS

Anexo 9. Comparaciones del contenido de humedad en los tratamientos total de la especie en estudio.

Comparaciones		Promedios	Diferencia	ALS (D)	Signif.	
T-1	T-2	70,9721	69,5778	1,3943	3,6029	NS
T-1	T-3	70,9721	67,5138	3,4583	3,9212	NS
T-1	T-4	70,9721	66,8084	4,1637	3,9976	*
T-2	T-3	69,5778	67,5138	2,0640	3,7939	NS
T-2	T-4	69,5778	66,8084	2,7694	3,9212	NS
T-3	T-4	67,5138	66,8084	0,7054	3,6029	NS

Anexo 10. Comparación del contenido de humedad de la orientación norte y sur con el tratamiento 1.

Comparaciones		Promedios	Diferencia	ALS (D)	Signif.	
o1 T-1	o2 T-1	74,3121123	67,6320898	6,680	2,3350	*

Anexo 11. Comparación del contenido de humedad de las orientaciones norte y sur con el tratamiento 2.

Comparaciones		Promedios	Diferencia	ALS (D)	Signif.	
o2 T-2	o1 T-2	72,7131165	66,4424969	6,271	2,3350	*

Anexo 12. Comparación del contenido de humedad de la orientación norte y sur con el tratamiento 3.

Comparaciones		Promedios	Diferencia	ALS (D)	Signif.	
o2 T-3	o1 T-3	69,1444042	65,8832771	3,261	2,3350	*

Anexo 13. Comparación del contenido humedad de las orientaciones norte y sur con el tratamiento 4.

Comparaciones		Promedios	Diferencia	ALS (D)	Signif.	
o2 T-4	o1 T-4	68,4711017	65,1457371	3,325	2,3350	*

Anexo 14. Comparaciones del contenido de humedad en los tratamientos total del análisis combinado de la especie en estudio.

Comparaciones	Promedios	Diferencia	ALS (D)	Signif.	
T-1 T-2	70,9721	69,5778	1,3943	3,6029	NS
T-1 T-3	70,9721	67,5138	3,4583	3,9212	NS
T-1 T-4	70,9721	66,8084	4,1637	3,9976	*
T-2 T-3	69,5778	67,5138	2,0640	3,7939	NS
T-2 T-4	69,5778	66,8084	2,7694	3,9212	NS
T-3 T-4	67,5138	66,8084	0,7054	3,6029	NS

Anexo 15. Prueba de significación de Duncan para la Contracción longitudinal de la orientaciones con el tratamiento 1.

Orient. x T-1	Promedios	Significación
o1 T-1	0,267	a
o2 T-1	0,260	a

Anexo 16. Prueba de significación de Duncan para la Contracción longitudinal de las orientaciones con el tratamiento 2.

Orient. x T-2	Promedios	Significación
o1 T-2	0,171	a
o2 T-2	0,169	a

Anexo 17. Prueba de significación de Duncan para la Contracción longitudinal de las orientaciones sur con el tratamiento 3.

Orient. x T-3	Promedios	Significación
o1 T-3	0,208	a
o2 T-3	0,173	b

Anexo 18. Prueba de significación de Duncan para Contracción longitudinal de la orientación sur con el tratamiento 4.

Orient. xT-4	Promedios	Significación
o1 T-4	0,237	a
o2 T-4	0,179	b

Anexo 19. Prueba de significación de Duncan de la Contracción tangencial del análisis combinado.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS(D)	Signif.
T-1	T-2	7,3660	6,6105	0,7555	0,4881	*
T-1	T-3	7,3660	6,3522	1,0138	0,5312	*
T-1	T-4	7,3660	5,9140	1,4520	0,5416	*
T-2	T-3	6,6105	6,3522	0,2583	0,5140	NS
T-2	T-4	6,6105	5,9140	0,6965	0,5312	*
T-3	T-4	6,3522	5,9140	0,4382	0,4881	NS

Anexo 20. Comparaciones de las Contracción tangencial de los tratamientos con la orientación norte.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
T-1 o1	T-2 o1	6,87905154	6,61225441	0,267	0,3163	NS
T-1 o1	T-3 o1	6,87905154	6,2199457	0,659	0,3316	*
T-1 o1	T-4 o1	6,87905154	5,87232787	1,007	0,3414	*
T-2 o1	T-3 o1	6,61225441	6,2199457	0,392	0,3163	*
T-2 o1	T-4 o1	6,61225441	5,87232787	0,740	0,3316	*
T-3 o1	T-4 o1	6,2199457	5,87232787	0,348	0,3163	*

Anexo 21. Comparaciones de las Contracción tangencial de los tratamientos con la orientación sur.

Comparaciones		promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
T-1 o2	T-2 o2	7,85296581	6,6086734	1,244	0,3163	*
T-1 o2	T-3 o2	7,85296581	6,48446529	1,369	0,3316	*
T-1 o2	T-4 o2	7,85296581	5,95568906	1,897	0,3414	*
T-2 o2	T-3 o2	6,6086734	6,48446529	0,124	0,3163	NS
T-2 o2	T-4 o2	6,6086734	5,95568906	0,653	0,3316	*
T-3 o2	T-4 o2	6,48446529	5,95568906	0,529	0,3163	*

Anexo 22. Prueba de significación de Duncan para la Contracción tangencial de las orientaciones con el tratamiento 1.

comparaciones		promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
o2 T-4	o1 T-4	7,85296581	6,87905154	0,974	0,3163	*

Anexo 23. Prueba de significación de Duncan para la Contracción tangencial de las orientaciones con el tratamiento 2.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
o1 T-1	o2 T-1	6,61225441	6,6086734	0,004	0,3163	NS

Anexo 24. Prueba de significación de Duncan para la Contracción tangencial de las orientaciones con el tratamiento 3.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
o2 t-3	o1 t-3	6,48446529	6,2199457	0,265	0,3163	NS

Anexo 25. Prueba de significación de Duncan para Contracción tangencial de la orientación sur con el tratamiento 4.

Comparaciones		Promedios	Diferencia	ALS (D)	Signif.	
o2 T-2	o1 T-2	5,95568906	5,87232787	0,083	0,3163	NS

Anexo 26. Análisis de variancia de la Contracción volumétrica por bloques y tratamientos en la orientación norte de la especie en estudio.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
Bloques	4	15,7838	3,9460	43,37	**
Tratamientos	3	2,8992	0,9664	10,62	**
Error Exp.	12	1,0918	0,0910		
Total	19	19,7749			
CV=		3,21%			

Anexo 27. Análisis de variancia de la Contracción volumétrico por bloques y tratamientos en la orientación Sur de la especie en estudio.

F. de Variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	Signif.
Bloques	4	5,4323	1,3581	7,30	**
Tratamientos	3	4,8601	1,6200	8,71	**
Error Exp.	12	2,2316	0,1860		
Total	19	12,5240			
CV=		4,37%			

Anexo 28. Comparaciones de la Contracción volumétrico en los tratamientos del análisis combinado.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS(D)	Signif.
T-1	T-2	10,3026	9,5594	0,7432	0,3140	*
T-1	T-3	10,3026	9,5094	0,7933	0,3417	*
T-1	T-4	10,3026	9,1582	1,1444	0,3484	*
T-2	T-3	9,5594	9,5094	0,0501	0,3306	NS
T-2	T-4	9,5594	9,1582	0,4012	0,3417	*
T-3	T-4	9,5094	9,1582	0,3511	0,3140	*

Anexo 29. Comparaciones de las Contracción volumétrico de los tratamientos con la orientación norte.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
T-1 o1	T-2 o1	10,0366687	9,3339019	0,703	0,2035	*
T-1 o1	T-4 o1	10,0366687	9,13399395	0,903	0,2133	*
T-1 o1	T-3 o1	10,0366687	9,08473826	0,952	0,2196	*
T-2 o1	T-4 o1	9,3339019	9,13399395	0,200	0,2035	NS
T-2 o1	T-3 o1	9,3339019	9,08473826	0,249	0,2133	*
T-4 o1	T-3 o1	9,13399395	9,08473826	0,049	0,2035	NS

Anexo 30. Comparaciones de las Contracción volumétrico de los tratamientos con la orientación sur.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS (D)	Signif.
T-1 o2	T-3 o2	10,5686091	9,93396602	0,635	0,2035	*
T-1 o2	T-2 o2	10,5686091	9,78498152	0,784	0,2133	*
T-1 o2	T-4 o2	10,5686091	9,18249221	1,386	0,2196	*
T-3 o2	T-2 o2	9,93396602	9,78498152	0,149	0,2035	NS
T-3 o2	T-4 o2	9,93396602	9,18249221	0,751	0,2133	*
T-2 o2	T-4 o2	9,78498152	9,18249221	0,602	0,2035	*



Anexo 31. Comparación de la Contracción volumétrico de las orientaciones con el tratamiento 1.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS(D)	Signif.
o2 T-4	o1 T-4	10,05686091	10,0366687	0,532	0,2035	*

Anexo 32. Comparación de la Contracción volumétrico de las orientaciones con el tratamiento 2.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS(D)	Signif.
o2 T-1	o1 T-1	9,78498152	9,3339019	0,451	0,2035	*

Anexo 33. Comparación de la Contracción volumétrico de las orientaciones con el tratamiento 3.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS(D)	Signif.
o2 T-3	o1 T-3	9,93396602	9,08473826	0,849	0,2035	*

Anexo 34. Comparación de la Contracción volumétrico de las orientaciones con el tratamiento 4.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS(D)	Signif.
o2 T-2	o1 T-2	9,18249221	9,13399395	0,048	0,2035	NS

Anexo 35. Comparaciones de la Relación t/r en los tratamientos del análisis combinado.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS(D)	Signif.
T-1	T-2	2,5835	2,1799	0,4036	0,4892	*
T-1	T-3	2,5835	1,8783	0,7052	0,5324	*
T-1	T-4	2,5835	1,7362	0,8473	0,5428	*
T-2	T-3	2,1799	1,8783	0,3017	0,5151	*
T-2	T-4	2,1799	1,7362	0,4437	0,5324	*
T-3	T-4	1,8783	1,7362	0,1420	0,4892	NS

Anexo 36. Comparaciones de la Relación t/r de los tratamientos con la orientación sur.

Comparaciones		Promedios		Diferencia	ALS(D)	Signif.
T-1 o2	T-2 o2	2,98959818	2,07040173	0,919	0,3171	*
T-1 o2	T-3 o2	2,98959818	1,79439786	1,195	0,3324	*
T-1 o2	T-4 o2	2,98959818	1,76284788	1,227	0,3422	*
T-2 o2	T-3 o2	2,07040173	1,79439786	0,276	0,3171	NS
T-2 o2	T-4 o2	2,07040173	1,76284788	0,308	0,3324	NS
T-3 o2	T-4 o2	1,79439786	1,76284788	0,032	0,3171	NS

Anexo 37. Prueba de significación de Duncan para la Relación t/r de la orientación sur con el tratamiento1.

Orient. x T-4	Promedio	Significación
o2 T-1	2,990	a
o1 T-1	2,177	b