

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS**  
**NATURALES RENOVABLES**



**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SECADO**  
**NATURAL MEDIANTE TÉCNICAS DE APILADO EN TRIÁNGULO Y**  
**CABALLETE DE LA ESPECIE FORESTAL**  
*Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. Ex Chuman.

**Tesis**

Para optar el título de :

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**MENCIÓN FORESTALES**

**ALAN GUILLERMO GALLO ÁLVAREZ**

**PROMOCIÓN: 2008 - II**

**Tingo María - Perú**

**2010**



K50

G21

Gallo Álvarez, Alan G.

Determinación de las Características del Secado Natural Mediante Técnicas de Apilado en Triángulo y Caballete de la Especie Forestal *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. Ex Chuman. Tingo María 2010

86 h.; 21cuadros; 30 fgrs.; 52 ref.; 30 cm.

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

CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM / SECADO NATURAL / CORTE RADIAL  
/ APILADO-CABALLETE / HUMEDAD / CURVA-SECADO / METODOLOGÍA  
/ TINGO MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
TINGO MARIA - PERU



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del jurado de Tesis, reunidos con fecha 11 de febrero de 2010, a horas 11:05 a.m. en la sala de grado de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

### DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SECADO NATURAL MEDIANTE TÉCNICAS DE APILADO EN TRIÁNGULO Y CABALLETE DE LA ESPECIE FORESTAL *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. Ex Chuman


Presentado por el Bachiller: **ALAN GUILLERMO GALLO ÁLVAREZ**, después de haber escuchado la sustentación y respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de "**BUENO**"

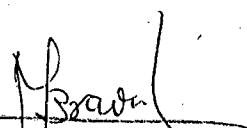
En consecuencia el sustentante queda apto para optar el título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

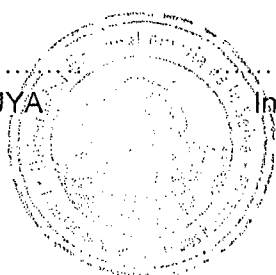
Tingo María, 11 Febrero de 2010

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

  
.....  
Ing. WARREN RÍOS GARCIA  
Vocal

  
.....  
Ing. M. Sc. TANIA GUERRERO VEJARANO  
Vocal

  
.....  
Ing. MANUEL BRAVO MORALES  
Asesor



## DEDICATORIA

A Dios por el camino recorrido.

A mi querido padre Félix Guillermo que desde el cielo me ilumina y protege, a mi hermosa madre Ana Luz por su amor y eterna gratitud, quienes con su abnegado sacrificio hicieron posible que pueda lograr unas de mis grandes metas.

A mis hermanos Rocío, Paul, Wilder y Jordán por su gran apoyo para forjarme como profesional. A mis sobrinos, Daniel, Diego, Joan, Cesar, Alizzé y Miriel. Y a toda mi familia que siempre me brinda su cariño.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, "alma mater" de mi formación profesional, que en sus aulas me llevaron a la culminación de mi carrera profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.

Al Ing. Manuel Bravo Morales y Jorge Luís Vergara Palomino por su valiosa colaboración como asesores.

A los Técnicos Leyden Fuchs Donayre y Mario Soza Shapiama, por su valiosa colaboración en la ubicación, tumbado, aserrado y reaserrado de la especie en estudio.

A Victoria Carolina Dávila Cueva, por su cariño, comprensión y apoyo.

A Ayme La Torre, Ada Vásquez, Dione Valdivieso, Eva Sol Sol, Indira Álvarez, Jorge Valdivia, Abel Falcón, Luis Yupanqui, Hans Álvarez, Juan Carlos Rojas, Manuel Valles, Miguel Ángel Laurente, Joel Games, Weny Soto, Carl Moali, Nicolás Urcuhuaranga, Luis Pérez, Francisco y Pablo Gabancho que me apoyaron en formas distintas y desinteresada en la ejecución de la tesis y por la grandiosa amistad que mantenemos.

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

## ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	01
Objetivo general:.....	03
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	04
2.1. Secado de la madera .....	04
2.1.1. Conceptos generales.....	04
2.1.2. Secado al natural o aire libre .....	05
2.1.3. Apilado de madera aserrada en secado natural .....	06
2.1.4. Consideraciones en las técnicas de secado natural.....	08
2.1.5. Techado de los apilados.....	08
2.1.6. Influencia en la madera de los factores internos y externos.....	09
2.1.7. Factores que inciden en el secado de la madera .....	11
2.2. Propiedades Físicas.....	13
2.2.1. Higroscopicidad .....	13
2.2.2. Contenido de humedad (CH).....	13
2.2.3. Densidad .....	19
2.2.4. Contracción de la madera.....	22
2.2.6. Variación de las propiedades físicas .....	27
2.3. Características generales de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) “Capirona” .....	31
2.3.1. Descripción dendrológica .....	31

2.3.2.	Aspectos taxonómicos.....	32
2.3.3.	Características organolépticas .....	32
2.3.4.	Características tecnológicas.....	33
2.3.5.	Recomendaciones técnicas.....	34
2.3.6.	Utilidad.....	34
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
3.1.	Ubicación del área de trabajo.....	35
3.1.1.	Ubicación política.....	35
3.1.2.	Ubicación geográfica .....	35
3.1.3.	Lugar de ejecución .....	36
3.1.4.	Zona de vida.....	36
3.1.5.	Condiciones climáticas .....	36
3.2.	Materiales y equipos .....	37
3.2.1.	Material biológico.....	37
3.2.2.	Material de campo .....	38
3.2.3.	Material de laboratorio .....	38
3.2.4.	Equipos de campo y taller .....	38
3.2.5.	Software de gabinete.....	39
3.2.6.	Vestuario de campo.....	39
3.3.	Metodología .....	39
3.3.1.	Ubicación y selección de la especie .....	39
3.3.2.	Proceso de obtención de la madera .....	40
3.3.3.	Acondicionamiento de las probetas.....	41
3.3.4.	Estudio de las propiedades físicas de la madera .....	42

3.3.5. Análisis Estadístico.....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	49
4.1. Contenido de humedad en los cortes radial y tangencial en relación a tres niveles de fuste para <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bentham.....	49
4.2. Curva de secado en técnicas de triángulo y caballete para <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bentham.....	54
4.2.1. Apilado en técnica de triángulo.....	54
4.2.2. Apilado en técnica de caballete .....	55
4.2.3. Apilado en técnicas de caballete Vs triangulo en los planos radial y tangencial. ....	57
4.3. Contracción en los cortes radial y tangencial en relación a tres niveles de fuste para <i>Calycophyllum spruceanum</i> Bentham.....	60
4.4. Defectos y deformaciones en el secado natural de <i>Calycophyllum         spruceanum</i> Bentham. ....	69
4.4.1. Defectos y deformaciones en los cortes tangencial y radial.....	69
4.4.2. Defectos y deformaciones en las técnicas triángulo y caballete .....	73
V. CONCLUSIONES .....	76
VI. RECOMENDACIONES.....	78
VII. ABSTRACT.....	79
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80
VIII. ANEXOS.....	86



1. Contenido de humedad de la especie forestal <i>Calycophyllum spruceanum</i> .	87
2. Curva de secado de la especie forestal <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	89
3. Contracción en las regiones radial y tangencial para la especie <i>Calycophyllum spruceanum</i> .....	91
4. Datos de los árboles de <i>Calycophyllum spruceanum</i> evaluados .....	97
5. Obtención de las muestras y desarrollo de la tesis .....	98

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Denominación de la madera en función al contenido de humedad ...	18
2. Clasificación de la madera según la densidad básica.....	20
3. Clasificación según la relación de contracción tangencial y radial.....	25
4. Coordenadas UTM del área de obtención de muestras arbóreas.....	36
5. Datos climáticos durante el periodo de investigación.....	37
6. Análisis de variancia del contenido de humedad en el corte radial y tangencial en relación a tres niveles de fuste para <i>C. spruceanum</i> ....	50
7. Orden de mérito del CH (%) según Duncan en el corte tangencial y radial en tres niveles de fuste para <i>C. spruceanum</i> .....	51
8. Orden de mérito para el CH (%) según Duncan en tres niveles de fuste para los árboles (bloques) de <i>C. spruceanum</i> .....	53
9. Análisis de variancia de la contracción en el corte radial y tangencial en relación a tres niveles de fuste para <i>C. spruceanum</i> .....	61
10. Separación de medias según Duncan para la contracción en los cortes tangencial y radial para <i>C. spruceanum</i> .....	62
11. Promedios de contracción (%) según Duncan en tres niveles de fuste para los árboles (bloques) de <i>C. spruceanum</i> .....	63
12. Análisis de variancia de la contracción en el corte radial y tangencial para <i>C. spruceanum</i> .....	65
13. Orden de mérito para la contracción (%) según Duncan en los cortes (tratamientos) de <i>C. spruceanum</i> .....	65

14.	Orden de mérito para la contracción (%) según Duncan en los bloques (árboles) de <i>C. spruceanum</i> .....	66
15.	Defectos y deformaciones en los cortes tangencial y radial para el secado natural de <i>C. spruceanum</i> .....	71
16.	Defectos y deformaciones para el secado natural en triángulo y caballete de <i>C. spruceanum</i> .....	74
17.	Datos de contenido de humedad .....	87
18.	Datos de contenido de humedad referidos a la curva de secado.....	89
19.	Datos de medidas referidos a la contracción radial y tangencial.....	91
20.	Datos de la relación tangencial/radial por árbol.....	97
21.	Datos externos de los árboles evaluados .....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Apilado en técnica de triángulo.....	07
2. Apilado en técnica de caballete .....	08
3. Metodología de obtención de las trozas por nivel de fuste.....	43
4. Vista de la especie forestal <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) "Capirona" en el proceso de extracción .....	48
5. Contenido de humedad en el corte tangencial y radial en relación a los niveles del fuste para <i>C. spruceanum</i> .....	51
6. Curva de la relación del contenido de humedad en el corte tangencial y radial en los niveles del fuste para <i>C. spruceanum</i> ....	53
7. Relación del contenido de humedad en los tres niveles de fuste para <i>C. spruceanum</i> .....	54
8. Curva de secado por técnica del triángulo en los planos tangencial y radial para los tres niveles de fuste en <i>C. spruceanum</i> .....	55
9. Curva de secado por técnica del caballete en los planos tangencial y radial para los tres niveles de fuste en <i>C. spruceanum</i> .....	56
10. Curva de secado por técnica del caballete y triángulo en los planos tangencial y radial para <i>C. spruceanum</i> .....	57
11. Curva de secado en los planos tangencial y radial para <i>C spruceanum</i> .....	59
12. Curva de secado por técnica de secado en triángulo y caballete para <i>C. spruceanum</i> .....	60

13.	Contracción (%) promedio por niveles de fuste en los cortes radial y tangencial para <i>C. spruceanum</i> .....	62
14.	Curva de la relación de la contracción en el corte tangencial y radial en los niveles del fuste para <i>C. spruceanum</i> .....	63
15.	Promedios de contracción (%) en tres niveles de fuste para los árboles (bloques) de <i>C. spruceanum</i> .....	64
16.	Promedios para la contracción (%) en el corte tangencial y radial de <i>C. spruceanum</i> .....	66
17.	Promedios para la contracción (%) en los bloques (árboles) de <i>C. spruceanum</i> .....	67
18.	Relación T/R por niveles de fuste en el plano tangencial para <i>C. spruceanum</i> .....	67
19.	Relación T/R por niveles de fuste en el plano radial para <i>C. spruceanum</i> .....	68
20.	Defectos y deformaciones para el secado natural en los planos tangencial y radial para <i>C. spruceanum</i> .....	72
21.	Defectos y deformaciones para el secado natural en triángulo y caballete para <i>C. spruceanum</i> .....	75
22.	Poda de ramas para dirigir la caída de la especie <i>C. spruceanum</i> ...	98
23.	Apeo o tala de la especie forestal <i>C. spruceanum</i> en estudio.....	98
24.	Corte de muestras según la orientación radial o tangencial de <i>C. spruceanum</i> .....	99
25.	Muestras debidamente identificadas según el tipo de corte y nivel de fuste.....	99

26.	Obtención de tablillas para establecer en la técnica de secado e identificación por nivel y corte .....	100
27.	Evaluación de pesadas y medidas (Ancho y espesor).....	100
28.	Evaluación de pesadas en laboratorio para determinar contenido de humedad.....	101
29.	Muestras según la técnica de secado (triángulo y caballete).....	101
30.	Mapa de ubicación de la zona de extracción de la especie forestal <i>C. spruceanum</i> .....	102

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la ciudad de Tingo María a través de 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 características del secado al natural en técnicas de apilado triángulo y caballete de la especie *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. Ex Chuman, conocida en esta zona con el nombre de "Capirona". En la determinación de las características de secado de la especie se tuvo en consideración las orientaciones de corte radial y tangencial, para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 13 estableciendo para la evaluación los datos de los tipos de muestra con respecto a la curva de secado, contracciones y defectos, un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con sub unidades de muestreo, con cinco bloques y tres niveles, donde los bloques son los árboles y los niveles son las trozas obtenidas en tres secciones del fuste (parte base, media y ápice) aplicando la Norma Técnica Peruana (NTP). Los resultados obtenidos en promedios generales son: contenido de humedad 65,25%; mayor rapidez de secado en el plano de corte tangencial, técnica de caballete en el nivel ápice del fuste; contracción tangencial 1,26%, contracción radial 0,656% y la relación tangencial/radial 1,97% por último la mayor proporción de defectos se encuentran en el plano de corte tangencial y en la técnica de apilado en triángulo como son grietas, rajaduras y arqueadura.

## I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las propiedades de la madera dependen del grado de humedad que contiene, motivo por el cual es indispensable secarla de acuerdo con las condiciones climáticas existentes en los lugares de sus usos finales. La estabilización de la forma y dimensiones de la madera es la razón prioritaria de secado. Sin embargo es importante la reducción del contenido de humedad de la madera para aumentar la resistencia contra la pudrición, manchas y ataques de insectos y al mismo tiempo para disminuir su peso abaratando el costo de transporte del producto hacia los centros internos de comercialización o mercados de exportación.

La forma más sencilla y en muchos casos la más barata es el secado de la madera al aire libre. No obstante, considerando principalmente el largo tiempo necesario para secar la madera al aire libre, se han desarrollado hornos de secado, los cuales permiten reducir artificialmente el contenido de humedad en forma más rápida y eficiente.

A pesar de formar parte destacada e integral del principio de la utilización económica y racional de la madera, la importancia del secado en el Perú todavía no ha sido debidamente reconocida. Por ejemplo, basta



determinar el contenido de humedad de la madera aserrada que se transporta diariamente desde la selva al centro principal de consumo en Lima o tratar de adquirir en los depósitos de la capital madera con un contenido de humedad conforme al lugar y uso final, para formarse una idea de la magnitud del problema existente. Tomando en cuenta además la dimensión de los recursos forestales aprovechables en el futuro y la necesidad de comercializar la madera preferencialmente en los mercados altamente competitivos de exportación, será indispensable la introducción de modernos y eficientes medios y técnicas de secado.

Para lograr este objetivo, es preciso analizar la situación actual en el campo del secado. Sólo conociendo las dificultades y problemas se podrán definir e implantar medidas realistas para superarlos en beneficio de una mejor y más amplia utilización de la madera.

## 1.1. Objetivo general

- Determinar las características del secado natural mediante técnicas de apilado en triángulo y caballete de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. Ex Chuman (Capiroña) en la zona de Tingo María.

### 1.1.1. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad en los cortes radial y tangencial en relación a los tres niveles de fuste para *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) “Capiroña”.
- Determinar la variación de la curva de secado por técnica de triángulo y caballete en los planos de corte tangencial y radial en tres niveles del fuste para *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) “Capiroña”.
- Determinar la variación de la contracción en los cortes radial y tangencial para *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) “Capiroña” en el proceso de secado al natural.
- Determinar el comportamiento al secado natural en lo que se refiere a presencia de defectos y deformaciones en las técnicas de triángulo y caballete para *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) “Capiroña”.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Secado de la madera**

#### **2.1.1. Conceptos generales**

Es el proceso de eliminar el exceso de agua de la madera para facilitar su posterior procesamiento y regularidad. Pero el concepto de secado va más allá de una simple definición, abarca el conocimiento de la materia prima, de su comportamiento y de los equipos utilizados para un adelantar un procesamiento óptimo.

Según POMACHAGUA (1993) el secado es un proceso gradual de pérdida de agua debido al incremento de la temperatura que experimenta la madera como consecuencia del calor. Este proceso ocurre por evaporación, que es la acción del calor que evapora fácilmente el agua en la madera, por capilaridad, cuando las paredes celulares atrae el agua y la hacen subir hasta el perímetro del poro y salir de la madera, y por difusión, que es el proceso lento de pérdida de agua.

Señala también que en el secado se necesita el calor para evaporar el agua de la madera y estos requerimientos energéticos van en

aumento a medida que progresa el secado. El aire en contacto con la madera está en movimiento para transportar tanto calor como la humedad extraída.

Según ARÓSTEGUI citado por SILVA (2009) señala que el proceso de secado se basa en aprovechar la capacidad de la madera para intercambiar humedad con el ambiente en que se ubique. En el secado en cámara, la madera se somete artificialmente a condiciones más severas, forzando ese intercambio de humedad.

ANANÍAS (2005) manifiesta que; la velocidad del secado de la madera puede ser representada por las variaciones temporales de la humedad de la madera. Teóricamente la velocidad del secado presenta una etapa constante al inicio, hasta el contenido de humedad crítico (CHC), luego es decreciente hasta el contenido de humedad de equilibrio (CHE).

### **2.1.2. Secado al natural o aire libre**

Consiste en estacionar madera verde en un lugar abierto un determinado periodo de tiempo, durante el cual la madera entrega humedad a la atmósfera y tiende a llegar al punto de equilibrio higroscópico con el ambiente.

El secado al natural es la forma más sencilla y en muchos casos la más barata entre los métodos de secado. Algunas veces, el objetivo es bajar el

contenido de humedad de la madera a su nivel de equilibrio con las condiciones climáticas. Otras, es secar la madera lo suficiente como para permitir un transporte más económico, o como presecado para posteriores procesos de secado. En todos los casos, la intención es secar la madera aserrada en el tiempo más breve posible y con el mínimo deterioro. Los principales factores que influyen en un buen secado al natural son: Contar con un lugar adecuado (patio o pampa) para exponer la madera al natural y el apilado debe ser efectuado de tal modo que el aire circule alrededor de cada una de las piezas de madera. El mejor método de apilar o encastillar madera para un secado rápido, con el mínimo de agrietamiento y torcimiento, es el apilado plano. Sin embargo, se pueden apilar en forma más sencilla por el método “en caballete o V invertida”, “apilado en pie” y “apilado en triángulo o rectángulo”.

### **2.1.3. Apilado de madera aserrada en secado natural**

La madera aserrada puede ser apilada en diferentes formas para un secado al aire libre. Como:

#### **2.1.3.1. Apilado en triángulo**

Se utiliza especialmente para tablonos y no requiere de viguetas o separadores para permitir la circulación del aire ya que el espacio se logra a través del entrecruzamiento de los extremos de las tablas. Es conveniente

protegerlos de la lluvia y de la incidencia directa del sol a través de una cubierta o techo.

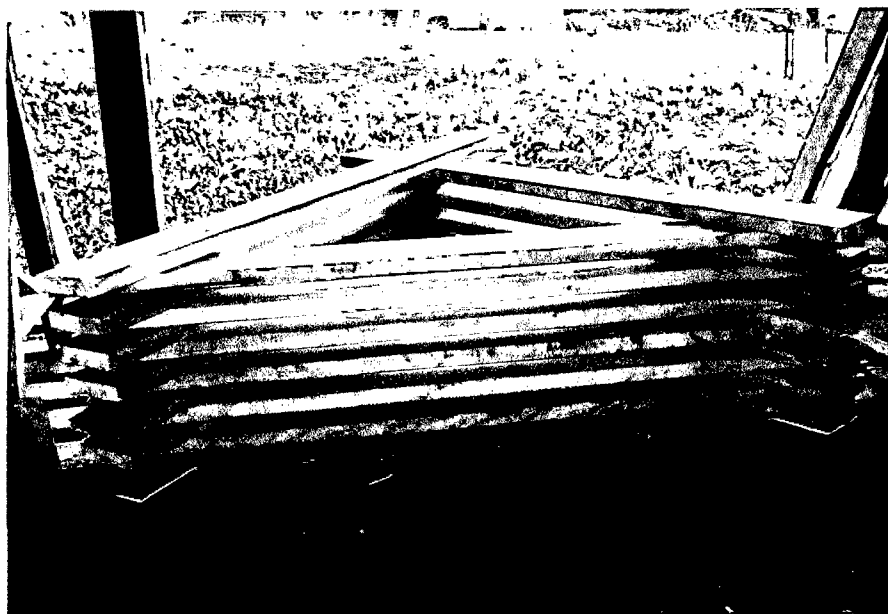


Figura 1. Apilado en técnica de triangulo

### **2.1.3.2. Apilado en Caballete**

Utilizado en especies que tienen alto contenido de humedad inicial y que no son susceptibles a sufrir deformaciones inmediatamente después del aserrado. Las piezas de madera se colocan de canto sobre un travesaño o caballete y se apoya sobre uno de los extremos, permitiendo una velocidad de secado rápida en la parte superior de las viguetas.



Figura 2. Apilado en técnica de caballete.

#### **2.1.4. Consideraciones en las técnicas de secado natural**

Durante el secado natural es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos a fin de contrarrestar los agentes biodegradantes como insectos, hongos, sol, la lluvia entre otros que son agresivos, y la posible formación de grietas, rajaduras y deformaciones. Aplicar, por aspersion o inmersión, sustancias inmunizantes (insecticidas y fungicidas) para evitar el ataque de hongos e insectos.

#### **2.1.5. Techado de los apilados**

Es necesario en casi todos los casos, techar las pilas de madera, para no retrasar el secado y evitar la pérdida de madera por desclasificación. Para mejor la eficacia, el techo debe sobresalir en los costados y extremos de

las pilas. El techo debe sobresalir unos 30 cm en el frente, unos 80 cm en la parte posterior y unos 20 cm por los costados. El techo debe seguir un declive que permita el fácil escurrimiento del agua hacia su parte posterior (pendiente de 10 - 25%).

### **2.1.6: 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 (citado por SILVA 2009), agrega que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

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



También para GUZMAN citado por FACHIN (1986) las tendencias hereditarias y los factores ambientales como suelo, precipitación, viento, luz, afectan la estructura de la madera y por lo tanto las propiedades físico-mecánicas, lo que estableció en base a la investigación de la variación del peso específico de la madera observando que se debe a diferencias en su estructura y a la presencia de constituyentes extraños.

En cuanto al factor interno herencia genética, ARROYO (1983) menciona que todavía no se ha establecido el efecto que produce en la variabilidad de las propiedades de la madera. La variabilidad como resultante de factores externos o condiciones de crecimiento ha sido investigada pero aun no se ha llegado a conclusiones uniformes en cuanto a que propiedades son las más afectadas o cual de los factores es el que más influye, pero puede decir que en cuanto a tratamientos silviculturales, este ha demostrado tener mayor efecto sobre algunas propiedades de la madera, mediante la manipulación del distanciamiento de plantación e incidencia de luz, estimulación del crecimiento con fertilizantes, disponibilidad de agua y ubicación geográfica.

Así mismo CASTRO citado por SILVA (2009) manifiesta que el factor externo suelo ejerce gran influencia en el desarrollo del árbol y esto se ve reflejado en la calidad de la madera; es así cuando el terreno es húmedo la fibra resulta ligera y esponjosa siendo el exceso de agua el que impide que la

savia se concentre y forme un tejido compacto, en cambio los arboles de maderas duras se desarrollan en terrenos secos y arcillosos.

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

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

Según SOLANO (1998) considerando que las células son alargadas y en su mayoría dispuestas en el sentido paralelo al eje del árbol, comunicadas entre si 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.

### **2.1.7.2. 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.

### **2.1.7.3. 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.

## **2.2. Propiedades Físicas**

### **2.2.1. Higroscopicidad**

La madera es un material higroscópico (tiene apetencia por el agua) y va perdiendo o ganando agua en función de la temperatura y humedad relativa del ambiente en que se encuentre, hasta que alcanza una situación de equilibrio en su entorno.

### **2.2.2. Contenido de Humedad (CH)**

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

celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo. El peso anhidro es el peso que se obtiene cuando se coloca la madera en una estufa a 100 ó 102 °C, hasta que se obtiene un peso constante. Cuando el CH es modificado, existirán variaciones dimensionales, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera. El CH influye en la capacidad mecánica, es decir a menor CH bajo el punto de saturación de las fibras (PSF, que corresponde a la eliminación total del agua libre del interior de las células y las paredes celulares permanecen saturadas, 28 - 30% de CH), en general aumenta la capacidad mecánica, es decir se incrementa la resistencia de la madera, y a partir del PSF, un aumento en el CH no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

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

GRIGORIEV (1985) manifiesta que el CH tiene importancia en la utilización de la madera, ya que influye en el peso, resistencia mecánica,

contracción y expansión, conductibilidad térmica y acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad. La madera está constituida por los elementos anatómicos, cuyas paredes están formadas por un material absorbente, contiene agua bajo tres formas: como agua libre llenando la cavidad celular; como agua higroscópica, infiltrada en las paredes celulares y como agua de constitución, formando parte integral de la estructura molecular. 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 sólo 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.

#### **2.2.3.1. 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).

#### **2.2.3.2. Agua ligada o de impregnación**

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

#### **2.2.3.3. Agua de constitución química**

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



Cuadro 1. 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).

En las especies frondosas la humedad de la albura no varía y la humedad del duramen disminuyen por el tronco hacia arriba. En los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos. El contenido de agua en el árbol varía según la altura y el radio del tronco, así como de la temporada del año (KOLLMANN citado por SILVA 2009).

### 2.2.3. Densidad

Es la relación entre la masa ( $m$ ) de una pieza de madera con su volumen ( $v$ ) y se la expresa en gramos por centímetro cúbico.

$$D = \frac{m}{v}$$

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.

### 2.2.3.1. 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).

Cuando la madera está seca, su densidad indica la cantidad aproximada de espacios libres (cavidades celulares) disponibles para contener líquidos, en consecuencia, cuando mayor es la amplitud de estas cavidades celulares (lúmenes) menor será su densidad y mayor la absorción que pueda lograrse en la madera (ARÓSTEGUI, 1982).

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

GRUPO	RANGO	CLASIFICACIÓN
I	Menos de 0,30	Muy baja (MB)
II	De 0,31 a 0,40	Baja (B)
III	De 0,41 a 0,60	Media (M)
IV	De 0,61 a 0,80	Alta (A)
V	Más de 0,81	Muy alta (MA)

Fuente: VIZCARRA (1998).

Grupo IV: Las características tecnológicas más importantes en las maderas de este grupo son: textura fina, propiedades de contracción de regular a mala, resistencia mecánica alta, especialmente flexión estática, compresión, cizallamiento y dureza. Durabilidad natural de regular a buena. Debido a sus propiedades señaladas, las maderas de este grupo son apropiadas para la construcción de estructuras (vigas y columnas), recubrimiento de exteriores, pisos y parquet.

#### **2.2.3.2. Contenido de humedad en base seca**

Es la cantidad de agua presente en la madera; se expresa como porcentaje del peso de la madera seca o anhidra y se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$CH (\%) = \left( \frac{P_i - P_o}{P_o} \right) \times 100$$

Donde:

CH= contenido de humedad (%)

Pi= peso inicial (g)

Po= peso en estado Anhidro (g)

#### **2.2.3.3. Medición del contenido de humedad**

En la práctica, la cantidad de agua existente en la madera se determina según el método principal por diferencias de pesos.

#### **2.2.4. 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). Ésta 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 las microfibrillas se expandan 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 citado por SILVA (2009) señala que la variación y expansión de la madera son los cambios dimensionales, tanto en el sentido radial, tangencial y longitudinal, que sufre la madera como consecuencia de la variación de su contenido de humedad, por debajo del PSF. La relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Existe además, una relación entre los coeficientes de contracción en dirección tangencial y radial ( $R_{tr}$ ). 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 acanaladas. Igualmente la contracción longitudinal excesiva puede ocasionar los defectos denominados encorvadura y arqueadura.

**Cuadro 3. Clasificación según la relación de contracción tangencial y radial**

GRUPO	RANGO (T/R)	CLASIFICACIÓN	ESTABILIDAD
1	Menor de 1,5	Muy Baja (MB)	Muy estable (MED)
2	De 1,51 a 2,0	Baja (B)	Estable (E)
3	De 2,0 a 2,5	Mediana (M)	Mod. Estable (M)
4	De 2,5 a 3,0	Alta (A)	Inestable (I)
5	Mayor de 3,1	Muy Alta (MA)	Muy Inestable(MI)

Fuente: VIZCARRA (1998).

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).

La magnitud de la contracción varía según las características de la especie, las secciones y la orientación anatómica del corte. Se expresa como porcentaje de la dimensión original de la pieza de madera. Se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$C (\%) = \left( \frac{Dv - Da}{Dv} \right) \times 100$$

Donde:

C= contracción

Dv= dimensión en verde

Do= dimensión final a determinado contenido de humedad.

### **2.2.5. Variación de las propiedades físicas**

Para KOLLMAN citado por SILVA (2009) 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 (1982) 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.

Para ARROYO (1983) 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 sólo 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 HAYGREEN y BOWYER (1982) la variación de densidades entre plantaciones de pino es atribuible más 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 madurez.

TUSSET citado por SILVA (2009) 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 y DANJOY citado por SILVA (2009) 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 citado 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.

NTP (1971) nos dice 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 establece que la presencia de extractivos pueden dar una ficticia densidad y llegar a resultados erróneos.

ARÓSTEGUI (1982) menciona que debemos tener en cuenta que en el momento de comparar pesos específicos se debe hacer que las muestras tengan el mismo contenido de humedad, KOLLMAN citado por SILVA (2009) 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 citado por SILVA (2009) especifica que estas deformaciones no presentan la misma magnitud en las tres dimensiones, por ser la madera un material anisotrópico. KOLLMAN citado por SILVA (2009) 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 citado por SILVA (2009) 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 ARÓSTEGUI (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 citado por SILVA (2009) 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. Características generales de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. Ex Chuman “Capirona”**

#### **2.3.1. 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 decusadas, elípticas u oblongas, de 5 - 10 cm de longitud y 3 - 5 cm de ancho, los peciolo de 1.5 - 2.5 cm de longitud, acanalados, las láminas enteras, el ápice agudo gruesamente acuminado, la base obtusa, la nervación pinnada, los nervios secundarios 12 - 15 pares, levemente impresos en la haz y en relieve en el envés, al igual que el nervio central, las axilas de los nervios secundarios con diminutos mechones de pelos o domatios en el envés (10x), las láminas cartáceas. Flores hermafroditas, con cáliz y corola presentes, las flores de 1 - 1,5 cm de longitud, cuando tiernas envueltas totalmente en una bráctea decidua, que es normalmente eliminada primero por la flor central de cada trío de la cima, los pedicelos de 2 - 3 mm de longitud, pubescentes, el cáliz provisto de 5 - 6 apéndices de 1 mm de longitud, la corola tubular - campanulada, 5 - 6 lobulada, pubescente en el interior, los estambres 5 - 6, epipétalos en la

comisura de los lóbulos, excertos, las anteras dorsifijas, el pistilo con ovario ínfero, elipsoide - truncado, el estilo filiforme y el estigma bífido, excertos.

### 2.3.2. Aspectos taxonómicos

Según Cronquist, citado por MOSTACERO (2002).

Clase	: MAGNOLIOPSIDA
Subclase	: ASTERIDAE
Orden	: RUBIALES
Familia	: RUBIACEAE
Gênero	: <i>Calycophyllum</i>
Especie	: <i>spruceanum</i>
Nombre Científico	: <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker F. Ex Chuman
Nombres Vulgares	: capirona, palo mulato, guayabochi.

### 2.3.3. Características organolépticas

Según ARÓSTEGUI (1982) 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.

#### **2.3.4. 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.

##### **2.3.4.1. Propiedades físicas**

- Contenido de humedad en verde 45%
- Densidad básica 0,76 g/cm<sup>3</sup>
- Contracción tangencial 9,00%
- Contracción radial 5,00%
- Contracción volumétrica 15,00%
- Relación T/R 2,30

##### **2.3.4.2. Propiedades mecánicas**

- Módulo de elasticidad en flexión 100.00 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de rotura en flexión 723.00 kg/cm<sup>2</sup>
- Compresión paralela (RM) 283.00 kg/cm<sup>2</sup>
- Compresión perpendicular (ELP) 67.00 kg/cm<sup>2</sup>
- Corte paralelo a las fibras 87.00 kg/cm<sup>2</sup>
- Dureza en los lados 425.00 kg/cm<sup>2</sup>



### **2.3.5. Recomendaciones técnicas**

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

### **2.3.6. Utilidad**

La capirona es una de las especies que 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. Ubicación del área de trabajo**

##### **3.1.1. Ubicación política**

Región	: Huánuco
Provincia	: Leoncio Prado
Distrito	: Rupa Rupa
Localidad	: Tingo María
Sector	: Afilador

##### **3.1.2. Ubicación geográfica**

Se encuentra en la zona Yunga Tropical, al noroeste del departamento Huánuco. Latitud Sur 9°25 00", Longitud Oeste 76°00 00" a una altitud de 690 m.s.n.m.

En el Cuadro 4, se encuentran las coordenadas UTM del sector de afilador, anexado con un mapa de su punto de ubicación.

Cuadro 4. Coordenadas UTM del área de obtención de muestras arbóreas ver mapa (Anexo 5)

ESTE	NORTE	ALTITUD (m.s.n.m)
390714	8968868	660

### 3.1.3. Lugar de ejecución

Los ensayos experimentales se ejecutaron en la Facultad de Recursos Naturales Renovables (FRNR) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), en sus dos unidades: Unidad Académica Laboratorio Taller de aprovechamiento y Maquinaria Forestal y Unidad Académica Laboratorio de Anatomía de la Madera.

### 3.1.4. Zona de vida

Ecológicamente, de acuerdo a la clasificación de zonas de vida y el diagrama bioclimático, Tingo María se encuentra en la formación vegetal de Bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh-PST) (HOLDRIDGE, 1987).

### 3.1.5. Condiciones climáticas

Las estaciones meteorológicas del SENAMHI en la ciudad de Tingo María según registran una temperatura máxima media anual de 29,3 °C y una temperatura mínima media anual de 19,5 °C, siendo la temperatura media

anual de 24,2 °C. La humedad relativa media anual es cercana al 80%. La precipitación media anual es de 3 300 mm. La época de lluvia comienza en octubre y se prolonga hasta abril. Sin embargo, en los últimos tres años el régimen de lluvias y estiaje, ha sufrido grandes variaciones en su intensidad, ocasionando inundaciones en las riveras de los ríos y sequías que han afectado a la agricultura. En el cuadro 5 observamos los datos climáticos correspondientes al periodo de investigación.

Cuadro 5. Datos climáticos durante el periodo de investigación.

PARAMETROS	Medidas	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
Temperatura máxima	(°C)	29,2	29,5	29,7	29,9	29,2
Temperatura mínima	(°C)	20,6	20,6	20,7	20,5	19,9
Temperatura media	(°C)	24,9	25,0	25,2	25,2	24,5
Humedad relativa	(%)	89	88	88	86	86

Fuente: Gabinete de Meteorología y Climatología UNAS (2009).

## 3.2. Materiales y equipos

### 3.2.1. Material biológico

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

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

- 01 Wincha
- 01 Cinta métrica
- 01 Soga de 50 metros
- 03 Machetes
- 03 Correctores
- 02 Formones
- 03 Plumones indelebles
- Libreta de apuntes

### **3.2.3. Material de laboratorio**

- 01 Balanza digital OHUS con precisión de 0,01g (cc 400g – TS)
- 01 Balanza digital Glass Electronic Kitchen Scale con precisión de 0,1g ( cc 5000g – Modelo EK 5055)
- 01 Vernier digital de 0,01 mm de precisión
- 01 Estufa eléctrica J,P SELECTA S.A
- 01 Desecador de laboratorio

### **3.2.4. Equipos de campo y taller**

- 01 Motosierra STIHL
- 01 Sierra disco
- 01 Garlopa eléctrica

- Equipos para escalar árboles.
- GPS GARMIN 12XL
- Cámara fotográfica.

### **3.2.5. Software de gabinete**

- Carta Nacional Digital
- Software Microsoft Office (Excel, Word)
- Software Arc View 3.3.
- SPSS 13

### **3.2.6. Vestuario de campo**

- Impermeable
- Botas

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Ubicación y selección de la especie**

Se realizó la identificación y ubicación de 05 árboles de la especie *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman (Capirona), en una plantación agroforestal de la zona de afilador (margen derecho), vía Tingo María – Huánuco para luego ser seleccionadas de acuerdo a la norma técnica peruana (NTP)-PR-251.008, se tomaron los puntos correspondientes con el GPS. Posteriormente se tomó todos los datos correspondientes del árbol así

como diámetro a la altura del pecho (dap), altura comercial, altura total y calidad de fuste, ver (Anexo 5).

### **3.3.2. Proceso de obtención de la madera**

#### **3.3.2.1. Apeo, corte o talado**

Para el talado de los árboles se utilizó la motosierra como herramienta, equipos para escalar los árboles y algunos materiales de campo como las sogas para darle la dirección a la caída de los árboles, winchas para dimensionar los árboles (altura comercial y total) como se observa en la Figura 3 y Anexo 4.

Teniendo en cuenta la norma técnica peruana (NTP)-PR-251-008 las muestras (cada árbol) se cortaron en tres niveles de altura fustal que fueron nivel bajo, medio y superior con una longitud de 1,3 m, se codificó cada troza para diferenciar a qué árbol y a qué nivel corresponde. Posteriormente se obtuvo de cada nivel de fuste trozas de cortes tangenciales y radiales.

#### **3.3.2.2. Transporte**

Las trozas obtenidas de los árboles en estudio fueron trasladadas en un trimovil a la Unidad Académica Laboratorio Taller de aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para su posterior transformación en probetas.

### **3.3.2.3. Obtención de probetas**

En esta operación se obtuvo las probetas con dimensiones de 2,54 cm x 10 cm x 120 cm por cada troza y en las respectivas orientaciones tangencial y radial por nivel del fuste. Cada probeta fue codificada cuidadosamente con corrector para luego ser llevados al lugar donde se realizó el proceso de secado al aire libre.

### **3.3.3. Acondicionamiento de las probetas**

#### **3.3.3.1. Apilado**

Para realizar un correcto secado al natural fue indispensable realizar un buen apilado de la madera verde para permitir la circulación del aire y evitar defectos en la madera tales como grietas, rajaduras, torceduras, entre otros, para ello se tuvo en cuenta:

- Colocar la madera sobre una base de pilones entre 40 a 45 cm del piso como mínimo, a fin de facilitar la circulación del aire y evitar el contacto directo con el suelo que permita la infestación de hongos e insectos.
- El apilado fue manual
- Los caballetes empleados para la separación de la madera estuvieron secos, libre de hongos y deformaciones.



### 3.3.3.2. Apilado de las probetas según la técnica a trabajar

Para evitar el sesgo, las posiciones de las probetas en cada método de apilado triángulo o caballete para la prueba de secado natural fueron colocadas de una forma completamente al azar. De esta manera se aseguró de no generar preferencia de algunas de las formas de apilado.

### 3.3.4. Estudio de las propiedades físicas de la madera

Para determinar las propiedades físicas la especie forestal *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman "Capirona" se empleó una estufa a temperatura de  $103 \pm 105$  °C. Como referencia se utilizó la norma ASTM D2017-71 que establece:

- Las probetas de la madera utilizadas en los ensayos de laboratorio se obtuvieron de trozas de 1,30 metros de longitud y 40 cm a más de diámetro, provenientes de 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman "Capirona" procedentes del sector de Afilador.
- De cada árbol se sacaron un promedio de 3 trozas, principalmente una próxima a la base, otra del centro y finalmente de la parte más alta, teniendo cuidado en cada caso de escoger la mejor parte del tronco.

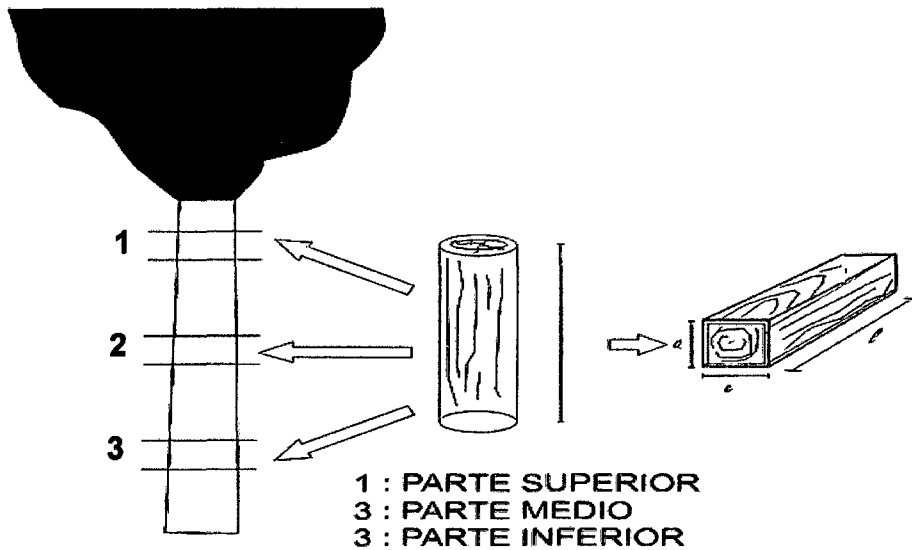


Figura 3. Metodología de obtención de las trozas por nivel de fuste.

Los ensayos se efectuaron de acuerdo a las especificaciones técnicas propuestas por ARÓSTEGUI citado por SILVA (2009) quien propone las mismas dimensiones de las piezas para cada grupo, obteniendo muestras de 2,5 x 10 x 120 cm, convenientemente orientadas a los cortes radial y tangencial. En la Figura 3 se detalla cómo se obtuvieron las muestras para los grupos mencionados, se tuvo cuidado de que las trozas sean lo más uniforme para la obtención de las probetas y tablillas para ser probadas en el secado.

#### 3.3.4.1. Determinación del contenido de humedad

Una vez que se obtuvo las probetas se determinó el contenido de humedad, siguiendo la Norma técnica peruana (NTP) 251.010; para lo cual se realizaron pesadas de las probetas en peso húmedo (PH), en forma diaria hasta obtener un peso constante en el punto de humedad de equilibrio y luego

se llevaron a estufa, donde se les aplicó un calentamiento gradual por día de, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C y finalmente a 103 °C, dejando a esta temperatura no menos de 20 horas. Seguidamente se retiraron las probetas de la estufa, dejándole enfriar por medio de un desecador por espacio de 10 minutos, posteriormente se registró el peso para el análisis de los resultados del peso seco al horno (PSH).

$$CH = \frac{PH - PSH}{PSH} \times 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad (%).

PH = Peso húmedo de la muestra (g).

PSH = Peso seco al horno (g).

#### **3.3.4.2. Determinación del cambio dimensional de las muestras**

Para determinar la contracción o los cambios dimensionales en los cortes de las caras tangenciales (T) y las radiales (R) de las probetas de la madera se siguió la Norma técnica peruana (NTP) 251.012.

- Cálculo de la contracción tangencial total (CTt)

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

- Cálculo de la contracción radial total (CRt).

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

- Cálculo de la relación T/R

$$\frac{T}{R} = \frac{\text{Contracción tangencial}}{\text{Contracción radial}}$$

Donde:

Dth, = Dimensión tangencial de la probeta húmeda

Drh = Dimensión radial de la probeta húmeda

Dtsh = Dimensión tangencial de la probeta seca al natural

Drsh = Dimensión radial de la probeta seca al natural

### 3.3.4.3. Evaluación de secado

Desde la tumba del primer árbol se pesó en forma diaria las probetas y con los valores del peso seco se convirtió a contenido de humedad diario y se diseñó la curva de secado al natural hasta que llegó a peso constante, hasta la evaluación del último árbol que se tumbó.

#### **3.3.4.4. Evaluación de defectos y deformaciones**

La evaluación de las clases de los defectos se realizó de acuerdo con la metodología de ARÓSTEGUI (1970) el cual se realizó por inspección visual y con medición directa se evaluaron defectos de secado, básicamente grietas y rajaduras, y deformaciones: arqueadura, encorvadura, revirado y torcedura. Las clases consideradas fueron:

Grupo A: Maderas que secan sin defectos ni deformaciones. Puede admitirse rajaduras en ambos extremos, siempre que no pasen el 1% de la longitud de la pieza.

Grupo B: Maderas que secan con ligeros defectos y deformaciones. Puede admitirse rajaduras de hasta 5% de la longitud total en ambos extremos.

Grupo C: Maderas que secan presentando deformaciones de 1 - 3% en cualquiera de sus dimensiones y rajaduras hasta 10% en cada uno de sus extremos.

#### **3.3.5. Análisis Estadístico**

Para el análisis del comportamiento de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman "Capirona" sobre las dos técnicas de secado al aire libre, se empleó un Diseño de Bloques

Completamente al Azar (DBCA) con sub unidades de muestreo, para lo cual se le asignó 3 tratamientos y 5 bloques y 2 sub unidad de muestreo.

Modelo aditivo lineal:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es el resultado que se obtendrá en la k-ésima sub unidad, correspondiente a la unidad experimental del j-ésimo árbol, a la cual se le asignó el i-ésimo nivel del fuste.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del fuste.

$\beta_j$  = Efecto del J-ésimo Árbol.

$\varepsilon_{ij}$  = Es el efecto aleatorio del error experimental asociado a dicha observación, perteneciente al j-ésimo árbol, a la cual se le asignó el i-ésimo nivel del fuste.

$\lambda_{ijk}$  = Es el efecto aleatorio del error de muestreo obtenido en la k-ésima sub unidad, del j-ésimo árbol a la cual se le asignó el i-ésimo nivel del fuste.

Para:

$I = 1, 2, 3$  niveles del fuste.

$J = 1, 2, 3, 4$  y 5 árboles.

$K = 2$  métodos de apilado.

Donde:

I = 1, 2, 3 Tratamientos.

J = 1, 2, 3, 4,5, Bloques o repeticiones.

K = 2 sub unidades.

Esquema del análisis de varianza (ANVA)

FV	GL	SC
Bloque	B – 1(3)	SC bloques
Tratamiento	T – 1(2)	SC tratamientos
Error experimental	B*T(6)	
Error	(24)	SC error
TOTAL	TB – 1(35)	SC total



Figura 4. Vista de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) "Capirona" en el proceso de extracción.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo tienen que ver exclusivamente con las propiedades físicas de la madera del *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman. (Capirona), se utilizó las variables de contenido de humedad, cambios dimensionales y comportamiento en cuanto a defectos y deformaciones. Los datos obtenidos de los cinco (5) árboles en el área de trabajo fueron adecuadamente tabulados para luego ser sometidos a análisis estadísticos de variancia (ANVA) y Duncan (0,05) a través de un diseño de bloques completo al azar (DBCA), donde no sólo se analizaron los niveles, cortes (factores A y B), y los bloques, sino que también se complementó con sus combinaciones y sus interacciones de éstos.

### **4.1. Contenido de humedad en los cortes radial y tangencial en relación a tres niveles de fuste para *C. spruceanum*.**

El comportamiento del contenido de humedad en las maderas, es una de sus propiedades físicas que nos permite conocer su comportamiento al proceso de secado, y con ello determinar criterios para un programa de secado adecuado, en ese sentido el propósito del trabajo fue conocer la variación del contenido de humedad en los cortes tangencial y radial,



relacionados a tres niveles del fuste de la especie *Calycophyllum spruceanum* Bentham (capirona) ver datos (Anexo 1). Los resultados del análisis de variancia para el contenido de humedad (%) se presentan en el Cuadro 6 del cual podemos decir que:

- Los contenidos de humedad CH (%) para los cortes tangencial y radial en los niveles base, medio y ápice del fuste de capirona no difieren estadísticamente.
- Existe alta diferencias significativas para el contenido de humedad entre los bloques (arboles) presentes en los niveles base, medio y ápice del fuste de capirona.

Cuadro 6. Análisis de variancia del contenido de humedad en el corte radial y tangencial en relación a tres niveles de fuste para *C. spruceanum*.

FV	Base				Medio			Ápice		
	GL	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.
Bloq	4	70,75	31,39	**	112,07	51,80	**	102,61	19,18	**
Tto_corte	1	3,71	1,66	NS	4,23	1,95	NS	3,10	0,58	NS
E.E	4	2,24			2,46			5,35		
Total	9									
CV (%) =		2,41			2,48			3,40		

\*\* = Altamente significativo.

NS = No significativo.

De acuerdo con la separación de medias del Cuadro 7 estadísticamente no se presentó diferencias en el contenido de humedad para los corte tangencial y radial, pero en orden de mérito, los resultados indican que en el corte radial existe mayor contenido de humedad para la especie estudiada, esta diferencia se observa en los tres niveles del fuste evaluadas como se muestra en la figura 5.

Cuadro 7. Orden de mérito del CH (%) según Duncan en el corte tangencial y radial en tres niveles de fuste para *C. spruceanum*

Tto	Base			Tto	Medio			Tto	Ápice		
	Media	n	Sig.		Media	n	Sig.		Media	n	Sig.
CRd	62,75	2	a	CRd	65,25	2	a	CRd	68,63	2	a
CTg	61,54	2	a	CTg	63,95	2	a	CTg	67,52	2	a

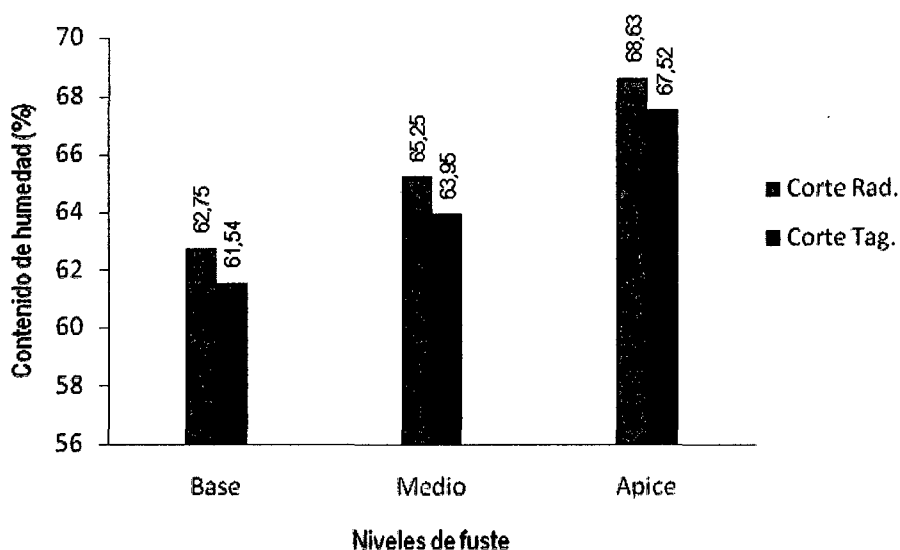


Figura 5. Contenido de humedad en el corte tangencial y radial en relación a los niveles del fuste para *C. spruceanum*.

En la Figura 6 se observa que el contenido de humedad en los niveles (tratamientos A y B) es ascendente desde la parte basal hasta el ápice, hay menor contenido de humedad en la parte basal (62,75 y 61,54), siguiéndole las parte media (65,25 y 63,95) y la parte del ápice (68,63 y 67,52) respectivamente con mayor contenido de humedad. KOLLMANN citado por SILVA (2009) manifiesta que el contenido de agua en el árbol varía según la altura y el radio del tronco, así como de la temporada del año, también dice que en los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos, mientras que los autores PÉREZ (1983), CUEVAS (2003) y (JUNAC, 1984), mencionan que la madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta, la región de procedencia, la especie forestal, la edad del árbol, entre otros factores. 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.

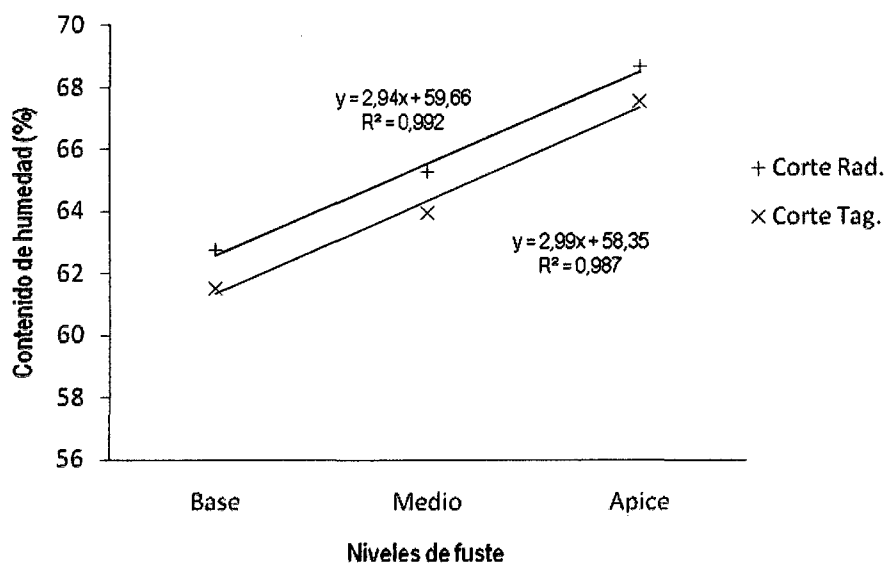


Figura 6. Curva de la relación del contenido de humedad en el corte tangencial y radial en los niveles del fuste para *C. spruceanum*.

El Cuadro 8 y Figura 7 presentan los promedios del contenido de humedad para los niveles base, medio y ápice de los 5 árboles (bloques) evaluados, se observa variación del contenido de humedad en los tres niveles.

Cuadro 8. Orden de mérito para el CH (%) según Duncan en tres niveles de fuste para los árboles (bloques) de *C. spruceanum*.

Bloq	Base			Bloq	Medio			Bloq	Ápice		
	Media	n	Sig.		Media	n	Sig.		Media	n	Sig.
1	69,96	2	a	1	72,99	2	a	1	79,07	2	a
2	62,98	2	b	5	69,42	2	a	5	71,38	2	b
5	62,97	2	b	2	64,21	2	b	2	64,97	2	bc
3	61,55	2	b	3	63,14	2	b	3	63,26	2	c
4	53,27	2	c	4	53,27	2	c	4	61,71	2	c

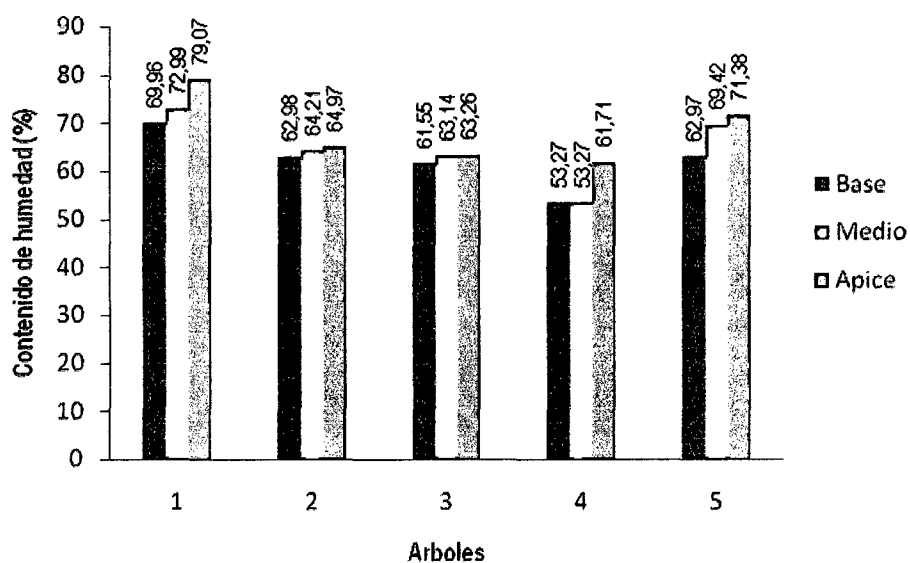


Figura 7. Relación del contenido de humedad en los tres niveles del fuste para *C. spruceanum*.

La prueba de Duncan mostrado en el Cuadro 8 indica que existe mayor contenido de humedad para el nivel superior del fuste (ápice) en todas las evaluaciones realizadas. De otro lado, el contenido de humedad para el nivel medio y base del fuste difieren estadísticamente para el mismo periodo de evaluación.

#### 4.2. Curva de secado en técnicas de triángulo y caballete para *Calycophyllum spruceanum* Bentham.

##### 4.2.1. Apilado en técnica de Triángulo

La Figura 8 representa las curvas (regresión potencial) para la técnica de secado natural en triángulo, en relación a los niveles de fuste y a las

orientaciones del corte tangencial y radial, se aprecia que en la parte apical y en el plano radial existió mayor rapidez de pérdida de humedad, en contraparte en el nivel medio y en plano radial el contenido de humedad fue mayor para los días de evaluación, ver datos (Anexo 2).

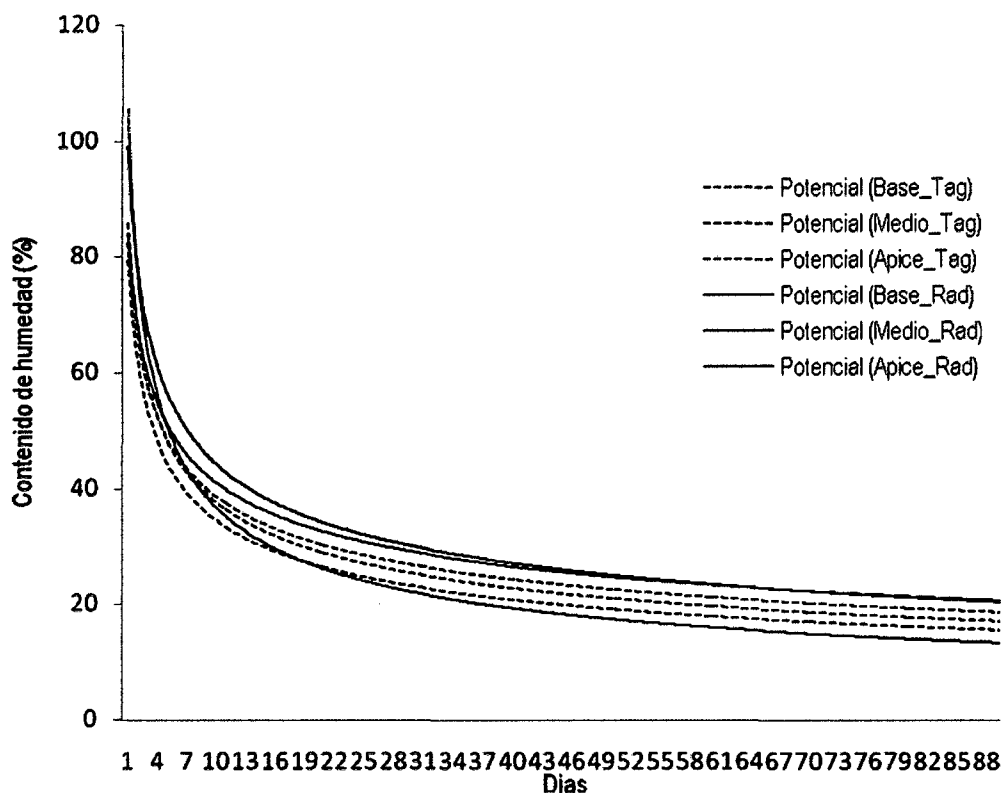


Figura 8. Curva de secado por técnica del triángulo en los planos tangencial y radial para los tres niveles de fuste en *C. spruceanum*.

#### 4.2.2. Apilado en técnica de Caballete

Las curvas (regresión potencial) para la técnica de secado natural en caballete, en relación a los niveles de fuste y a las orientaciones del corte tangencial y radial, se representa en la Figura 9 del cual podemos notar que la parte apical y en el plano tangencial existió mayor rapidez de pérdida de

humedad en contraparte en la parte basal y en plano radial el contenido de humedad fue mayor para los días de evaluación.

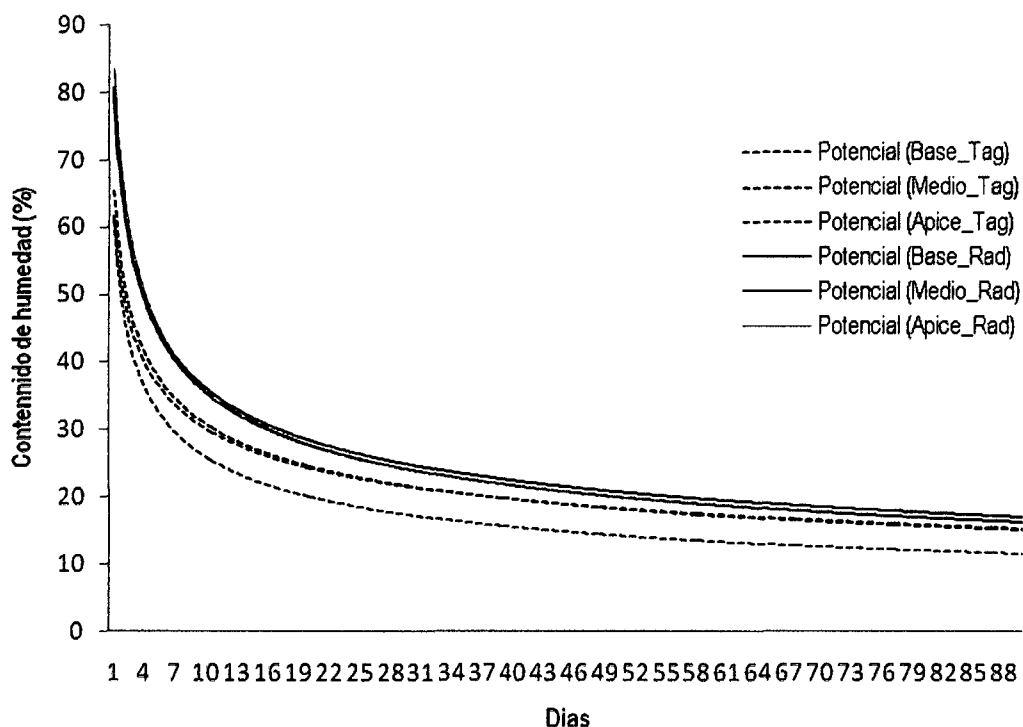


Figura 9. Curva de secado por técnica del caballete en los planos tangencial y radial para los tres niveles de fuste en *C. spruceanum*.

De acuerdo a las Figuras 8 y 9 se aprecia en cuanto a niveles de fuste base, medio y ápice que en el nivel ápice del fuste presentó mayor rapidez de secado alcanzando 29,84% de contenido de humedad en los primeros 16 días de evaluación comparados con el nivel medio 30,56% y base 31,00% de contenido de humedad.

#### 4.2.3. Apilado en técnicas de caballete vs triángulo en los planos radial y tangencial.

Las curvas (regresión potencial) para la técnica de secado natural en triángulo y caballete, en relación a las orientaciones del corte tangencial y radial, se representa en la Figura 10 del cual podemos notar que el plano de corte tangencial y con la técnica del caballete existió mayor velocidad de pérdida de humedad obteniendo a los 11 días de evaluación 29,69% de contenido de humedad al contrario, en plano radial y con la técnica del triángulo, la pérdida de humedad fue más lenta para el día 11 que se obtuvo 37,68% de contenido de humedad.

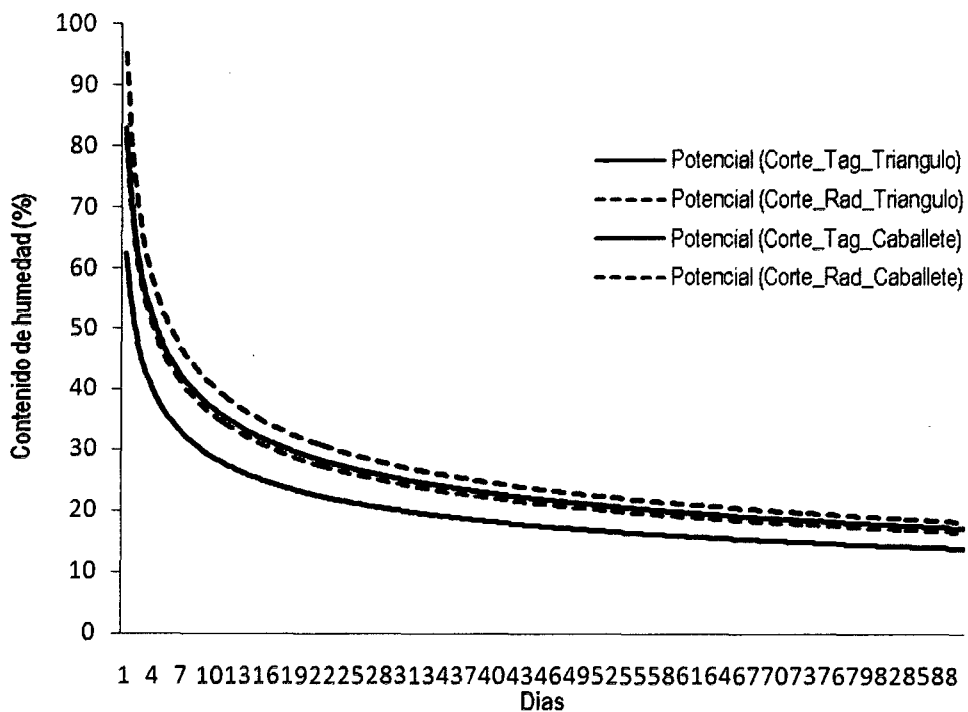


Figura 10. Curva de secado por técnica del caballete y triangulo en los planos tangencial y radial para *C. spruceanum*.



Por lo tanto se puede establecer que existe mayor velocidad inicial de pérdida de humedad en el corte tangencial. Este comportamiento se explica por la estructura anatómica que se presenta en los cortes tangencial y radial, en el primero las orientaciones de las células de los radios y vasos quedan más expuestas por lo que se acelera la evaporación de la humedad dentro de las estructuras anatómicas, en el segundo caso, la menor velocidad de pérdida de humedad se puede deber a que en el corte radial las células de los vasos y de radios quedan menos expuestas y además en el corte radial las tablillas que se obtienen generalmente provienen de partes centrales del fuste por la naturaleza del corte, donde la densidad de la madera es ligeramente mayor. Pero por otro lado parece paradójico, pues de acuerdo a INTA (2001) el contenido de humedad es menor en las partes centrales del fuste que corresponde al duramen propiamente dicho. De otro lado, se conoce que existe mayor contracción de la madera en el corte tangencial (la contracción tangencial generalmente es 1,5 – 3,5 veces la contracción radial), por lo tanto se puede relacionar una mayor velocidad de pérdida del contenido de humedad con una contracción superior en el corte tangencial, los resultados hallados en el trabajo realizado así lo demuestran para la especie estudiada.

En la Figura 11 y 12 se puede observar las curvas de secado con respecto a los cortes tangencial y radial de la especie forestal *C. spruceanum*. En el corte radial podemos notar una pérdida de contenido de humedad (CH) en menor velocidad con respecto al corte tangencial que alcanzó a los 13 días de evaluación 29,40% en comparación a 35,00% de contenido de humedad

en el corte radial. De acuerdo con este comportamiento de pérdida de humedad en los cortes y en el método de apilado queda claro que el punto de saturación de las fibras para la especie en estudio está entre el 30% de contenido de humedad.

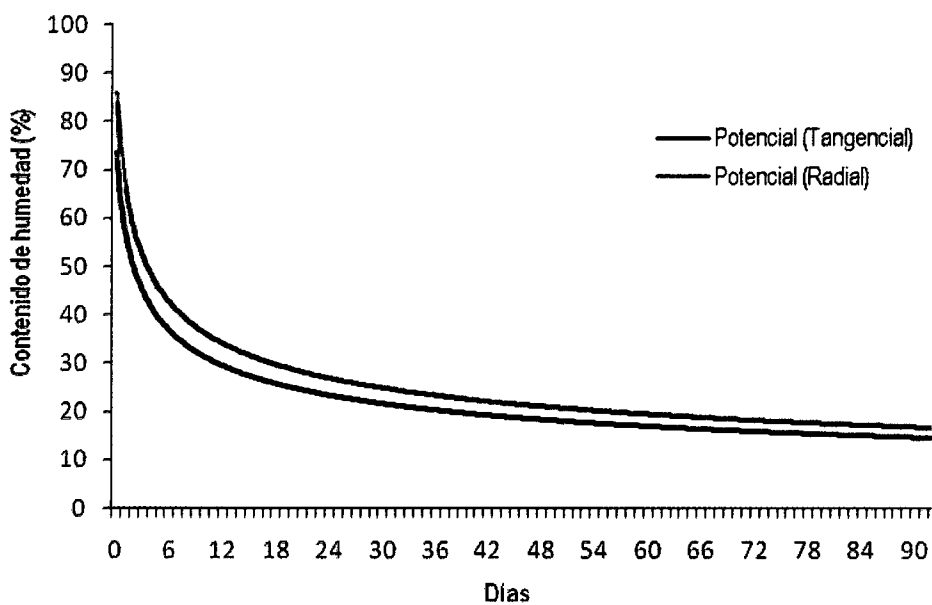


Figura 11. Curva de secado en los planos tangencial y radial para *C. spruceanum*.

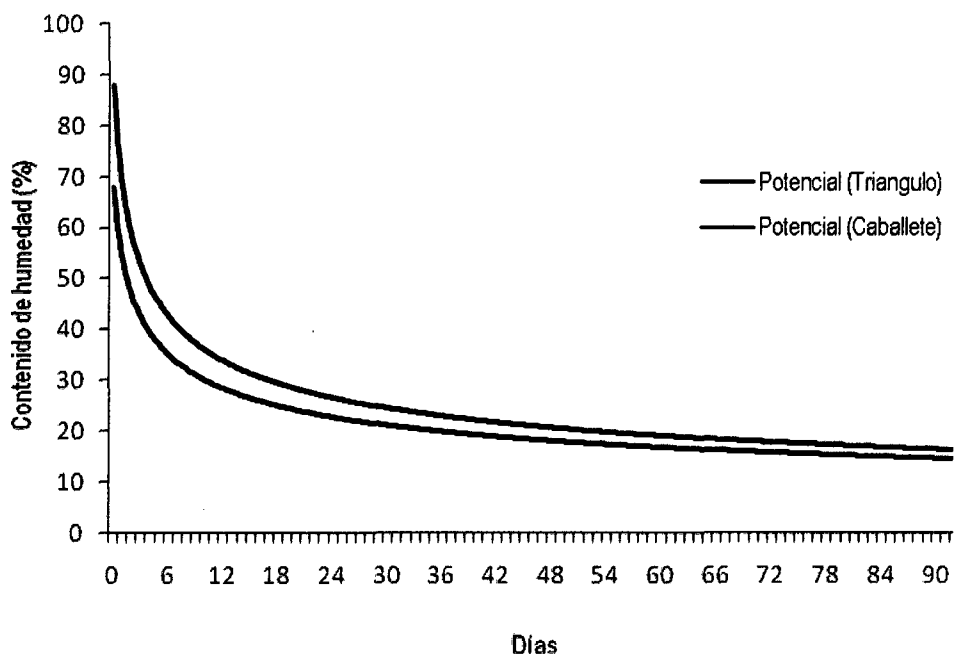


Figura 12. Curva de secado por técnica de secado en triangulo y caballete para *C. spruceanum*.

#### 4.3. Contracción en los cortes radial y tangencial en relación a tres niveles de fuste para *Calycophyllum spruceanum* Benth.

La contracción de las maderas, es otra de sus propiedades físicas que nos permite conocer su comportamiento al proceso de secado, en el trabajo se evaluó la contracción en el corte tangencial y radial, en relación a tres niveles del fuste de la especie *C. spruceanum* Benth (capirona) ver datos (Anexo 3). Los resultados del análisis de variancia para contracción (%) dimensional en los planos tangencial y radial se presentan en el Cuadro 9 el cual nos indica que:

- Los bloques (arboles) presentaron diferencias altamente significativas por las contracciones.
- Las contracciones en los cortes radial y tangencial mostraron alta significancia estadística, lo que quiere decir que las contracciones en los cortes estudiados han sido muy diferenciados.

Cuadro 9. Análisis de variancia de la contracción en el corte radial y tangencial en relación a tres niveles de fuste para *C. spruceanum*

FV	Base				Medio			Ápice		
	GL	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.
Bloq_Arb	4	0,03	0,55	NS	0,025	1,59	NS	0,065	5,45	*
Tto_corte	1	0,02	0,41	NS	0,003	0,18	NS	0,00004	0,003	NS
E.E	4	0,05			0,016			0,01207		
Total	9									
CV % =		14,38				8,9			7,47	

Según los resultados del Cuadro 10 y Figura 13 las medias de la contracción en los cortes tangencial y radial en relación a los tres niveles del fuste son idénticos estadísticamente, pero de acuerdo al orden de mérito, se presentó mayor contracción en el corte tangencial en los niveles medio y ápice del fuste, pero en el nivel basal el plano radial mostró mayor contracción como se muestra en la Figura 14. Los resultados guardan relación según BOYD citado por SILVA (2009) quien afirma que una de las razones de este

comportamiento es el efecto restrictivo de las células horizontales de los rayos medulares. Por lo tanto de acuerdo a los resultados se puede afirmar que no habrá diferencias significativas en la contracción radial para diferentes niveles de fuste en relación al corte radial.

Cuadro 10. Separación de medias según Duncan para la contracción en los cortes tangencial y radial para *C. spruceanum*.

Tto	Base			Tto	Medio			Tto	Ápice		
	Media	n	Sig.		Media	n	Sig.		Media	n	Sig.
CRd	1,59	5	a	CTg	1,42	5	a	CTg	1,472	5	a
CTg	1,50	5	a	CRd	1,38	5	a	CRd	1,468	5	a

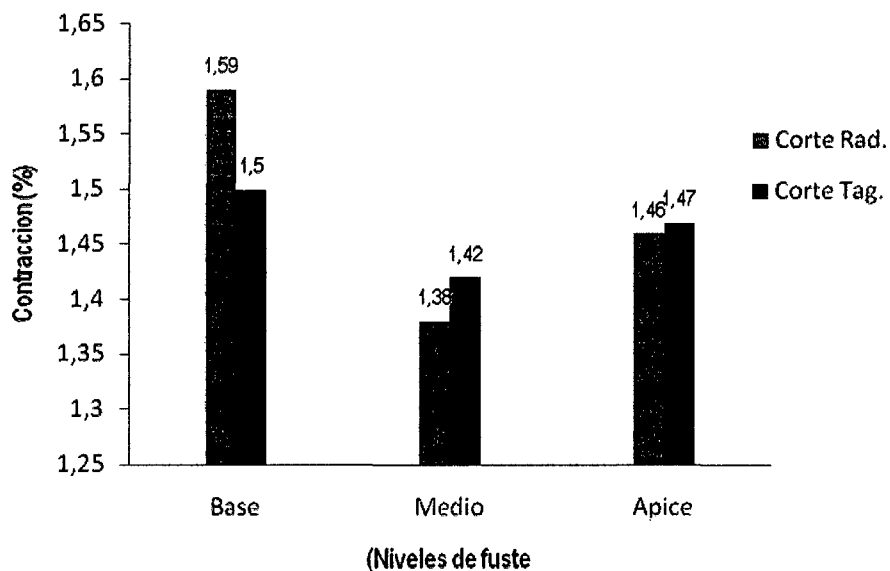


Figura 13. Contracción (%) promedio por niveles de fuste en los cortes radial y tangencial para *C. spruceanum*.

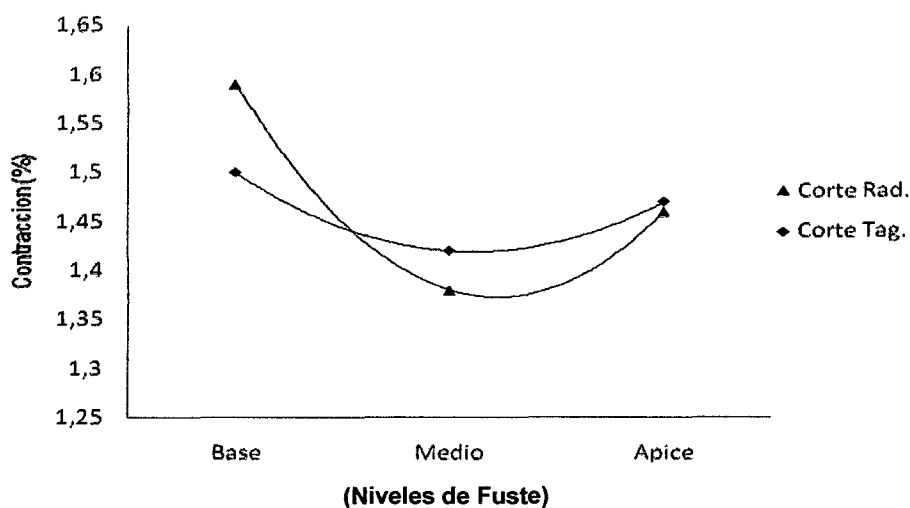


Figura 14. Curva de la relación de la contracción en el corte tangencial y radial en los niveles del fuste para *C. spruceanum*.

El Cuadro 11 y figura 15 nos indica, que en los niveles base y medio, la contracción no presenta diferencias estadísticas significativas en los planos tangencial y radial, pero se observa que en el nivel apical los promedios de las contracciones de los bloques (árboles) varían significativamente.

Cuadro 11. Promedios de contracción (%) según Duncan en tres niveles de fuste para los árboles (bloques) de *C. spruceanum*.

Bloq	Base			Bloq	Medio			Bloq	Ápice		
	Media	n	Sig.		Media	n	Sig.		Media	n	Sig.
4	1,72	2	a	3	1,51	2	a	4	1,72	2	a
1	1,61	2	a	1	1,45	2	a	2	1,6	2	ab
2	1,52	2	a	2	1,44	2	a	3	1,39	2	b
3	1,45	2	a	4	1,39	2	a	5	1,32	2	b
5	1,45	2	a	5	1,22	2	a	1	1,31	2	b

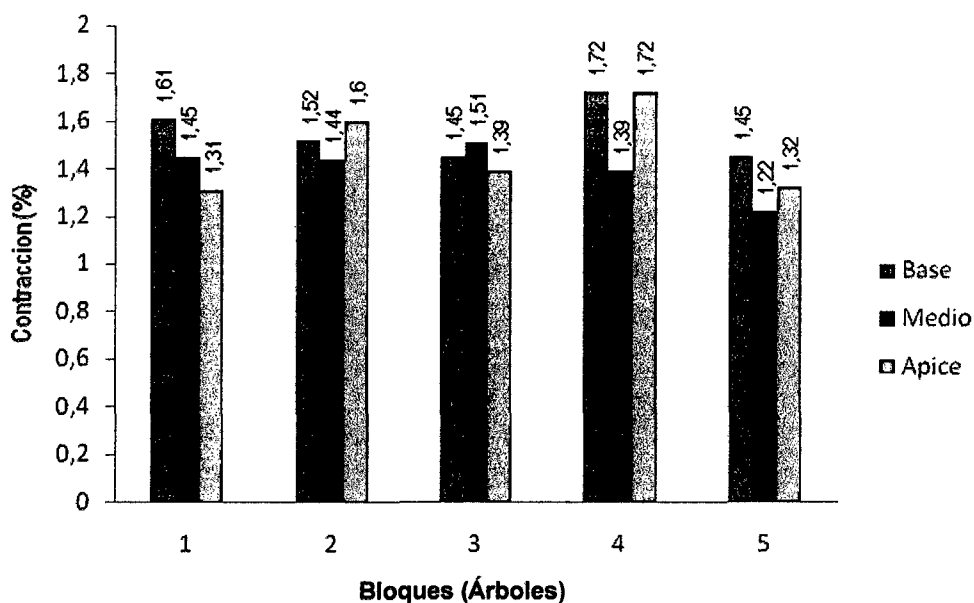


Figura 15. Promedios de contracción (%) en tres niveles de fuste para los árboles (bloques) de *C. spruceanum*

Del Cuadro 10 se desprende que la contracción fue altamente significativa en los bloques (árboles), también para los cortes en el plano tangencial y radial. El Cuadro 11 presenta el orden de mérito para la contracción (%) según Duncan en los cortes de *C. spruceanum* se observa que hay diferencias estadísticas para la contracción en los planos tangencial y radial, presentando mayor promedio de contracción (%) el corte tangencial con 1,26% en comparación con los 0,646% del corte radial.

Cuadro 12. Análisis de variancia de la contracción en el corte radial y tangencial para *C. spruceanum*

FV	GL	SC	CM	F	Sig.
Bloque_Arb	4	0,05	0,012	11,98	**
Trat_Corte	1	0,949	0,949	912,15	**
E.E	4	4	0,001		
Total	9	1			

CV = 3,3

\*\* = Altamente significativo.

Cuadro 13. Orden de mérito para la contracción (%) según Duncan en los cortes (tratamientos) de *C. spruceanum*.

Ttos	Media (%)	n	Sig.
Ctag	1,262	5	a
CRad	0,646	5	b

La figura 16 muestra los promedios para la contracción en los planos tangencial y radial, se observa que la contracción tangencial fue superior a la radial en el orden del 100% aproximadamente,



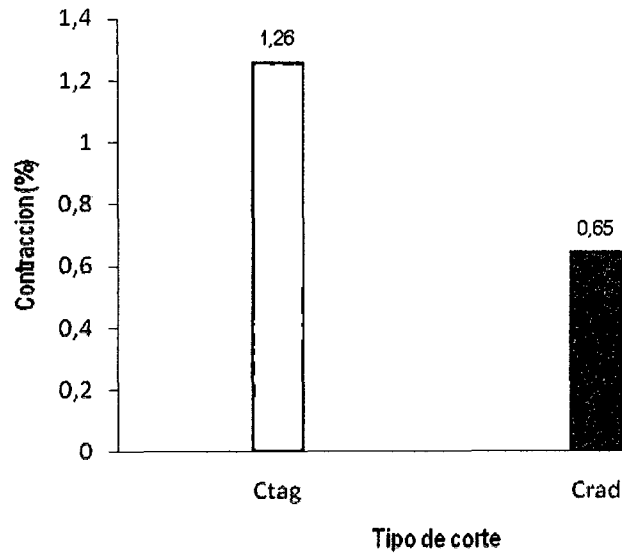


Figura 16. Promedios para la contracción (%) en el corte tangencial y radial de *C. spruceanum*.

El Cuadro 14 presenta los promedios de las contracciones para los bloques (árboles) evaluados, se nota que existió promedios similares estadísticamente en cuatro árboles, a excepción del árbol 5 que presentó un promedio de contracción inferior.

Cuadro 14. Orden de merito para la contracción (%) según Duncan en los bloques (árboles) de *C. spruceanum*.

Bloq_Arb	Media	n	Sig.
4	1,05	2	a
2	0,97	2	a
3	0,96	2	a
1	0,96	2	a
5	0,83	2	b

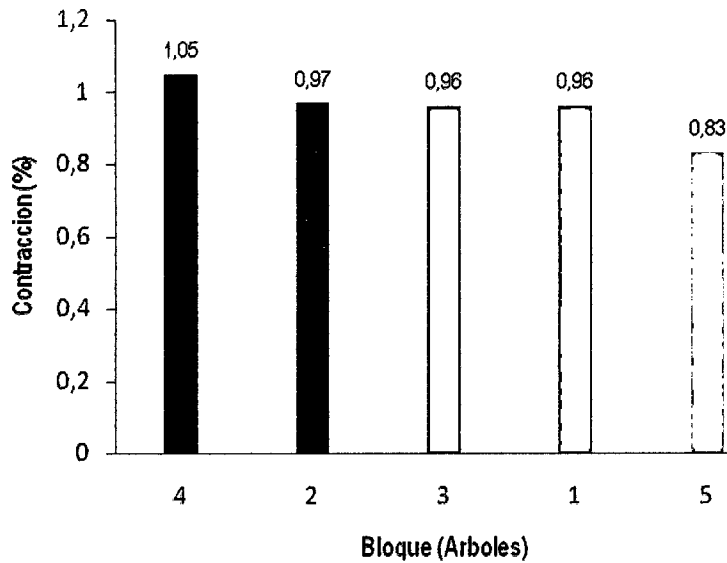


Figura 17. Promedios para la contracción (%) en los bloques (árboles) de *C. spruceanum*

La Figura 18 y 19 representa la relación T/R para los planos tangencial y radial, se observa una relación descendente en función al nivel de fuste, siendo mayor en la parte basal y menor en la parte apical.

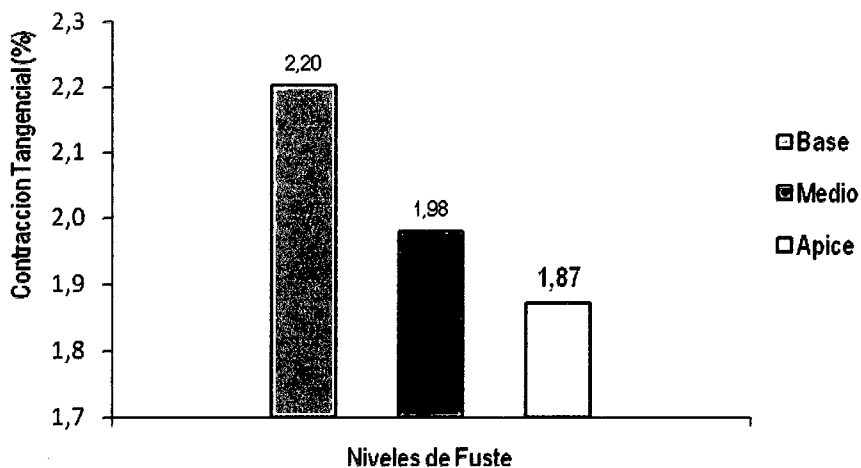


Figura 18. Relación T/R por niveles de fuste en el plano tangencial para *C. spruceanum*.

En la figura 18 podemos observar que la relación T/R es más representativa en el nivel basal, alcanzando una superioridad de 2,20% con respecto a la parte media 1,98% y a la parte apical 1,87%.

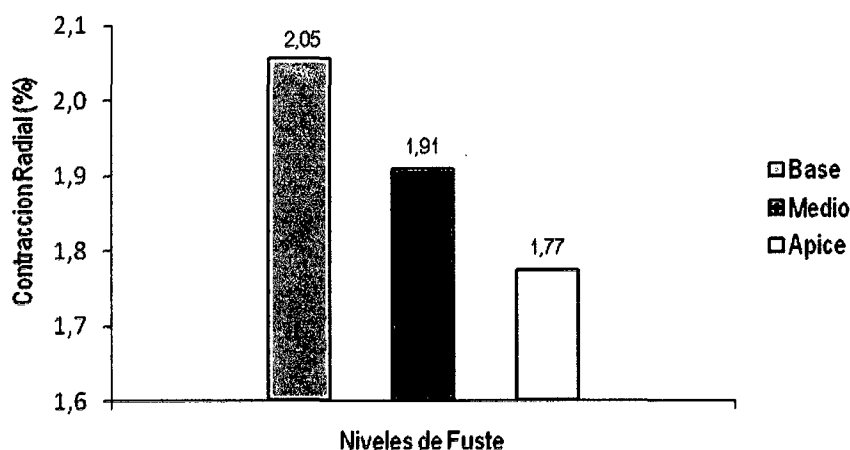


Figura 19. Relación T/R por niveles de fuste en el plano radial para *C spruceanum*.

En la figura 19 podemos observar que la relación T/R es más representativo en el nivel basal, alcanzando una superioridad de 2,05% con respecto a la parte media 1,91% y a la parte apical 1,77%.

En cuanto a la magnitud de la relación de la contracción tangencial con la radial resulto 1,97 ligeramente menor que los rangos reportados por la FAO (2002) quien refiere que la relación T/R es 2,30. 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. De otro lado BOSSHARD; KATO y NAKATO citado por SILVA (2009) manifiesta que las paredes radiales de las células de la madera presentan un contenido de lignina mayor que el contenido en las paredes tangenciales, lo que explica que los valores menores de contracción en la dirección radial, ya que la lignina al ser más rígida y menos higroscópica que las holocelulosas limita las contracciones.

#### 4.4. Defectos y deformaciones en el secado natural de *Calycophyllum spruceanum* Benth.

##### 4.4.1. Defectos y deformaciones en los cortes tangencial y radial

Cuadro 15. Defectos y deformaciones en los cortes tangencial y radial para el secado natural de *C. spruceanum*.

Corte	Defectos y deformaciones	Tablillas			TOTAL
		A	B	C	
TANGENCIAL	Grieta	41	18	1	60
	Rajadura	45	15	0	60
	Arqueadura	44	16	0	60
	Encorvadura	60	0	0	60
	Abarquillado	60	0	0	60
	Torcedura	60	0	0	60
RADIAL	Grieta	35	8	0	43
	Rajadura	41	2	0	43
	Arqueadura	32	11	0	43
	Encorvadura	43	0	0	43
	Abarquillado	43	0	0	43
	Torcedura	43	0	0	43
TOTAL		547	70	1	103

En el Cuadro 15 y Figura 20 se observa el número de tablillas que presentaron defectos y de deformaciones de secado; podemos observar en *C. spruceanum* un número no significativo de defectos y deformaciones, para los cortes que se trabajó para el secado. En el corte tangencial podemos apreciar que es donde se encuentra más concentrado los defectos y las deformaciones del total de 60 tablillas evaluadas en los diferentes criterios, grieta con calidad A 41 tablillas, con calidad B 18 tablillas y con calidad C una tablillas de pobre calidad, rajadura con calidad A 45 tablillas, con calidad B 15 tablillas y con calidad C no se observó ni un solo defecto ni deformación, arqueadura con calidad A se obtuvo 44 tablillas, con calidad B obtuvo 16 tablillas y con calidad C no se apreció ni un tipo de defecto o deformación. En la encorvadura con calidad A 60 tablillas, con calidad B y C no se observó ni un sólo defecto o deformación. En el abarquillado con calidad A se obtuvo 60 tablillas, con calidad B y C no se observó ni un solo defecto o deformación. En torcedura en la calidad A 60 tablillas, en calidad B y C no se observó nada de defectos y deformaciones. Por último en el corte radial en sus 43 tablillas que se estudio podemos observar que es la que mejor resultados se obtuvo ya que mostro menor numero de tablillas con defectos y deformaciones; grietas con la calidad A 35 tablillas, con calidad B 8 tablillas. Rajaduras con calidad A 41 tablillas, con calidad B 2 tablillas. Arqueadura con calidad A 32 tablillas, con calidad B 11 tablillas, Encorvadura, Abarquillado y Torcedura tanto en la calidad B y C no tuvieron un solo tipo de defectos o deformaciones.

Según BOYD citado por SILVA (2009) indica que la madera presenta una fuerte evaporación superficial, generando altos gradientes de humedad, contracciones prematuras a nivel de superficie y tensiones de secado bajo el P.S.F, originando grietas superficiales e internas. Cuando el colapso es severo, debido a la baja resistencia mecánica de la pared celular de la madera, se generan grietas superficiales e internas en la madera.

Según BOSSHARD citado por SILVA (2009) la presencia de grietas en especies de baja y media densidad, donde la madera tangencial presenta un mayor porcentaje de grietas respecto de la radial se debe a fuertes gradientes de humedad durante el secado, situación que produce un resecamiento superficial y una prematura contracción, con la consecuente generación de grietas superficiales debido a la débil resistencia de la pared celular, resultante de su facilidad para evaporar el agua desde la superficie. Las grietas internas en tanto, se generan por acción de dos efectos durante el secado. El primero, por efecto del colapso, particularmente en el anillo de primavera, donde el esfuerzo producido supera la resistencia mecánica de ésta y se produce la fractura o grieta en dicha pared. Este efecto es de mayor incidencia en la madera de corte tangencial en virtud a que la madera, por acción del colapso, debe moverse en el ancho de la pieza y su capacidad de deformación es mínima. De la misma forma, en la madera de corte radial, la contracción de dos anillos consecutivos de primavera, debido al colapso, produce una tracción en el anillo de verano intermedio y grietas superficiales sobre éste.

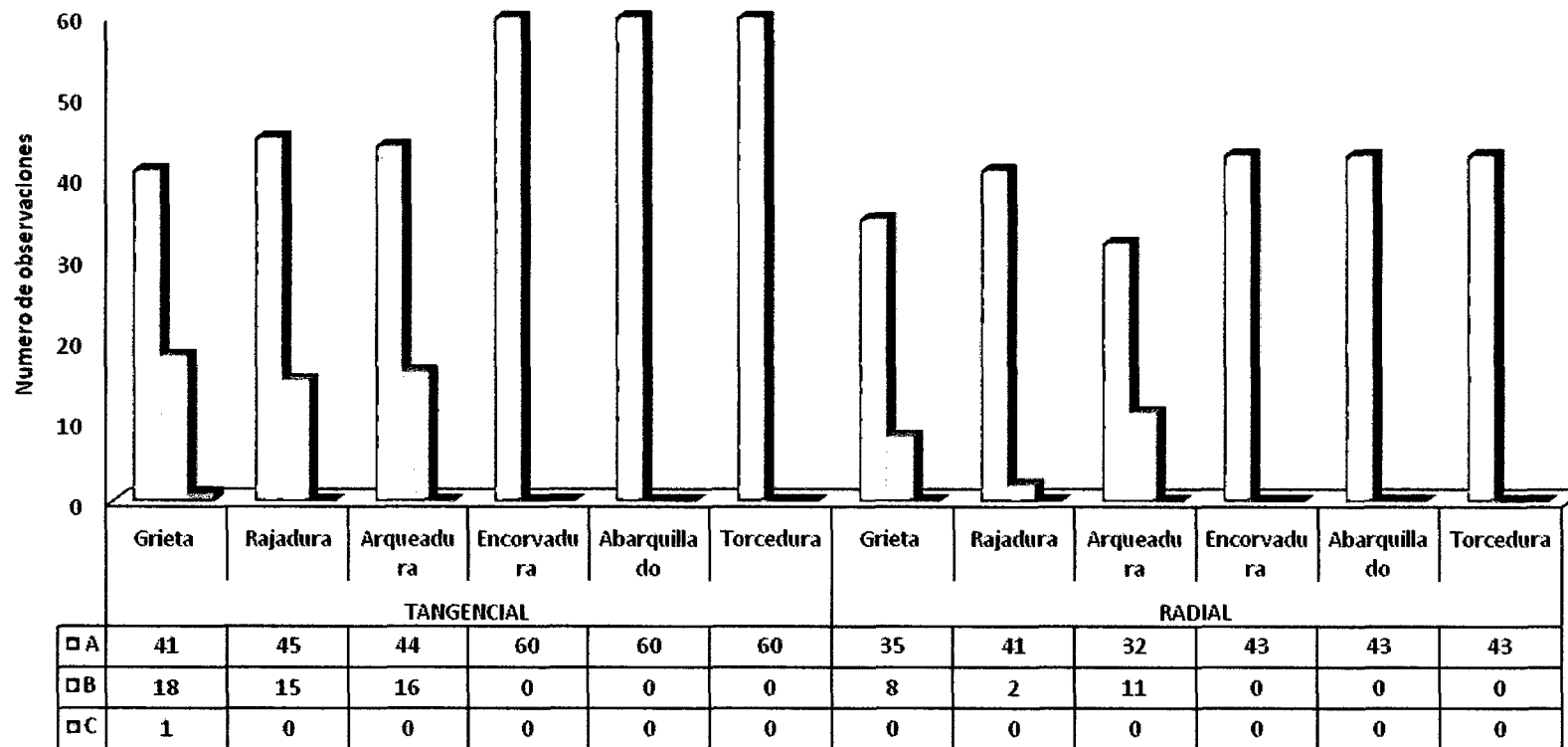


Figura 20. Defectos y deformaciones para el secado natural en los planos tangencial y radial para *C. spruceanum*

#### 4.4.2. Defectos y deformaciones en las técnicas triángulo y caballete

Cuadro 16. Defectos y deformaciones para el secado natural en triángulo y caballete en *C. spruceanum*.

Corte	Defectos y deformaciones	Tablillas			
		A	B	C	TOTAL
TRIÁNGULO	Grieta	46	19	0	65
	Rajadura	51	14	0	65
	Arqueadura	49	16	0	65
	Encorvadura	65	0	0	65
	Abarquillado	65	0	0	65
	Torcedura	65	0	0	65
CABALLETE	Grieta	30	7	1	38
	Rajadura	35	3	0	38
	Arqueadura	27	11	0	38
	Encorvadura	38	0	0	38
	Abarquillado	38	0	0	38
	Torcedura	38	0	0	38
<b>TOTAL</b>		<b>547</b>	<b>70</b>	<b>1</b>	<b>103</b>

En el Cuadro 16 y Figura 21 podemos observar las técnicas de apilados tanto con caballete como apilado en triángulo para defectos y deformaciones. En el apilado en triángulo podemos notar más concentrado los defectos y las deformaciones del total de 65 tablillas evaluadas en los diferentes criterios en grieta con calidad A 46 tablillas, con calidad B 19 tablillas y con calidad C no se observó ni un solo defecto ni deformación, rajadura con calidad A 51 tablillas, con calidad B 14 tablillas y con calidad C no se observó ni un solo defecto ni deformación, arqueadura con calidad A se obtuvo 49 tablillas, con calidad B obtuvo 16 tablillas y con calidad C no se apreció ni un tipo de defecto o deformación. En la encorvadura, abarquillado y torcedura no se apreció ni un tipo de defecto o deformación. En el apilado con caballete en



sus 38 tablillas que se estudió podemos observar que es la que mejor resultados se obtuvo. En grieta con calidad A 30 tablillas, con calidad B 7 tablillas y con calidad C una tablilla, rajadura con calidad A 35 tablillas, con calidad B 3 tablillas y con calidad C no se observó ni un defecto o deformación, arqueadura con calidad A se obtuvo 27 tablillas, con calidad B obtuvo 11 tablillas. Encorvadura, abarquillado y torceduras no se apreció ni un tipo de defecto o deformación.

El elevado porcentaje de rajaduras se puede atribuir a muchos factores, entre las más importante se menciona: rajaduras antes de instalar las pilas de secado, a raíz de las tensiones internas existentes en la madera, calidad de corte de la sierra, manipuleo de las tablas durante el transporte, entre otros posteriormente por efecto del secado, éstas rajaduras fueron incrementándose a raíz de los cambios bruscos de los factores climatológicos, propiciando la migración acelerada de la humedad en la madera y a los diferentes parámetros que intervinieron directamente para el armado de las pilas en cada método. Se logrará reducir estos defectos controlando mejor todos estos factores que intervinieron durante el secado. Así mismo, es de notar que estos defectos son influenciados por la estructura celular de la madera, por ejemplo los alabeos, tiene mucha relación con la dirección del grano de la madera. Si bien es cierto que estos defectos afectan en mayor o menor grado la calidad de la madera y dado a los rangos de clasificación estipulados durante la evaluación, es necesario que antes de su utilización y comercialización se efectúe una clasificación final de la madera secada a fin de propiciar su mejor uso (SCHREWE, 1983).

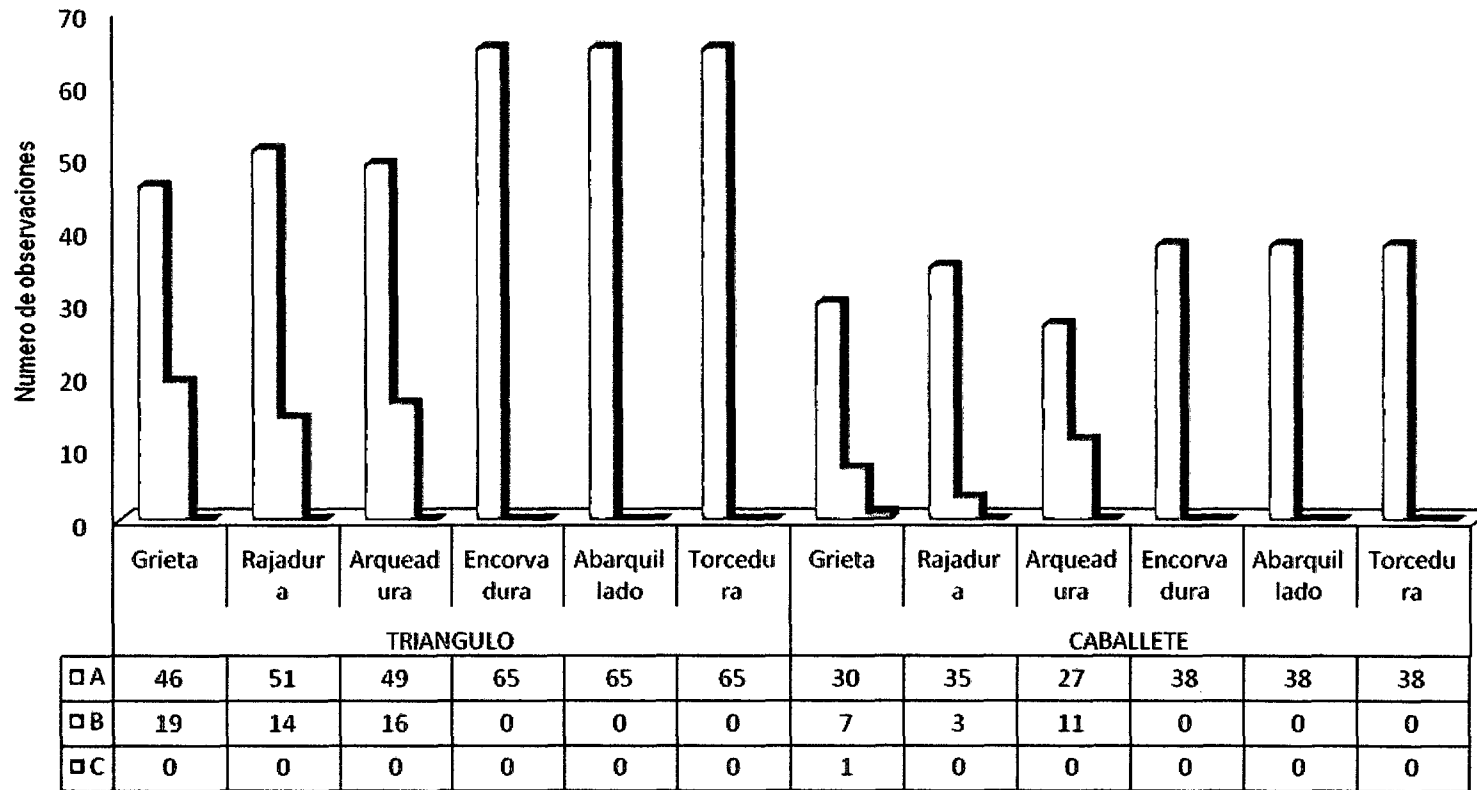


Figura 21. Defectos y deformaciones para el secado natural en triángulo y caballete para *C. spruceanum*.

## V. CONCLUSIONES

1. Que *Calycophyllum spruceanum* presentó un contenido de humedad ascendente desde la parte basal hasta el ápice (tratamientos A y B) es, habiendo menor contenido de humedad en la parte basal (62,75 y 61,54), siguiéndole la parte media (65,25 y 63,95) y la parte del ápice (68,63 y 67,52) respectivamente con mayor contenido de humedad.
2. Que *C. spruceanum* presenta mayor rapidez de secado natural en el plano de corte tangencial en los primeros 13 días de evaluación alcanzando 29,40% de contenido de humedad en comparación a 35,00% en el corte radial. En cuanto a la técnica de apilado se presentó mayor rapidez de secado con la técnica de caballete en los primeros 11 días de evaluación alcanzando 29,69% de contenido de humedad en comparación a 37,68% en la técnica de triángulo y por último en el nivel ápice del fuste se presentó mayor rapidez de secado alcanzando 29,84% de contenido de humedad en los primeros 16 días de evaluación superando a los niveles medio y base.
3. La contracción promedio general: tangencial y radial encontrado en la especie *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman son: 1,26% y 0.656%, respectivamente; mostrando alta significancia estadística

en la contracción tangencial y en relación a los niveles del fuste (parte base, media y ápice) son idénticos estadísticamente. En la relación tangencial/radial el promedio general es de 1,97 %.

4. Que *C. spruceanum* presenta mayor proporción de defectos en el corte tangencial como grietas 31%, rajadura 25%, arqueadura 25% y en la técnica de apilado en triángulo como grietas 29%, rajadura 21% y arqueadura 24% del total de número de tablillas.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos similares en diferentes especies de selva baja y alta, a fin de poder generar un banco de datos en la especie forestal, así mismo los trabajos de investigación a nivel de universidades deben ser considerados como aporte a los estudios de la tecnología de maderas tropicales.
2. Realizar investigación acerca de la influencia del contenido de humedad inicial en el proceso de secado natural de la madera.
3. Evaluar con trabajos similares la presencia de defectos y deformaciones en el secado natural bajo técnicas de apilado triangular y con caballete para otras especies de interés comercial.
4. Promover la especie *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. Ex Chuman a nivel industrial para la obtención de pisos, parquet, molduras, tarugos, construcción naval, estructuras pesadas vigas, carrocerías, tornería, artículos deportivos raquetas de tenis y ping pong, mangos de herramientas y en la fabricación de muebles.

## VII. ABSTRACT

Present work came true in town of Tingo Maria through the National University Agrarian of the Jungle of Facultad's Renewable Natural Resources, area of Technologies and taking advantage of the Madera; With the purpose of determining the piled up- triangle and ridge characteristics of the au natural drying in techniques of the sort *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. Ex Chuman, I have a meal vulgarly call it herein Capirona zone. He took into account the orientations of radial and tangential cut, in order to the statistical analysis In sort's determination of the drying characteristics SPSS 13 utilized program himself, establishing in order to the evaluation the sample data of the fellows regarding the drying, contractions and defects curve, a design in blocks completely at random sampling, five - blocks and three- levels units, where the blocks are trees and the levels are (DBCA) with sub you chop them up obtained in the shaft's three sections (split base, stocking and apex). Applying the Norma Technical Parana (NTP) The aftermaths obtunds in average personal data are: once 65.25% was contained of humidity; Principal drying rapidity in the tangential- cut diagram, ridge technique in the level the shaft's apex; Tangential contraction 1.26%, radial contraction 0,656% and the relation tangential/radial 1.97% finally the principal cracks, splits and find defects proportion in the diagram of tangential cut and in the piling up technical in triangle as music.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, H., FERNÁNDEZ G. J. 1992. Fundamentos Teóricos del Secado de la Madera. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid (España). pág. 33; 34; 124; 125.
- ANANÍAS, R. 1987. Water Diffusion in Wood. Actas VI reunión sobre investigación y desarrollo en productos forestales, universidad del Bio – Bio, Concepción 8 p.
- ANANÍAS, R. 1992. Física de la Madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41p.
- ANANÍAS, R. 2005. Estudio de la cinética del secado convencional y bajo vacío del pino radiata. Maderas. Ciencia y Tecnología. Universidad del Bio – Bio. Concepcion, Chile. 21 p.
- ARÓSTEGUI, A. 1970. Estudio tecnológico de maderas del Perú. Vol II. Métodos y especificaciones para ensayos tecnológicos con maderas. Lima. UNA/MINA. 104 p.
- ARÓSTEGUI, A. 1974. Estudios tecnológicos de maderas del Perú. Características y uso de las maderas de 145 especies del país. Documento de trabajo. Lima. Perú. 57p.
- 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 N0 2 PNUD/FAO 81/002. Lima – Perú. 57 p.
- ARROYO, J. 1983. Propiedades Físico – Mecánicas de la madera, Universidad de los Andes. Merida – Venezuela 186 p.
- ASTM D 2017-71. 1990 Accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods Book of Standards, American National Standard: 11p
- ASTM D 2017-71. 1978. Accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Book of Standard, American National Standard. 11p.
- BOSSHARD, H. H. 1956. Uber die anisotropie der holzschwindung. Holz – als – Roh und werkstoff 14:285-295.
- BOYD, J.D. 1974. Anisotropic shrinkage of wood: Identification of the dominant determinants. Mokuzai Gakkaishi 20:473 – 482.
- BRAVO, E. M. 1993. Anatomia y Propiedades Físicas de Pinus radiata D.Don en diferentes edades. UNCP Huancayo – Peru 43 p.
- CASTRO, F. 1972. Estudio Anatomico, Fisico y Mecanico de 15 Especies Tropicales de Iparia. Tesis. UNAC. Huancayo. 98 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 – Peru 98 p.
- FAO-PAFBOL Información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderables de Bolivia: [en línea]: ([http://www2.fpl.fs.fed.us/publications/Bolivia\\_134\\_species.pdf](http://www2.fpl.fs.fed.us/publications/Bolivia_134_species.pdf), PROYECTO FAO-GCP/BOL/028/NET, 15 Mar. 2007).
- FLORES B. Y. 2002. Semillas de Especies Forestales de Importancia Económica en la Región Ucayali. Primera edición. INIA. Pucallpa, Perú. 81p.
- GONZALES, R. 1996. Secado de Madera. UNALM. Lima, Perú. 164 p.
- GRIGORIEV, J. 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  
Introducción Iowa – EUA 495 p.
- HOLDRIDGE, 1987. Ecología basada en zonas de vida Trad Humberto  
Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. P.1-44.
- INSTITUTO NACIONAL TECNOLOGICO DE ARGENTINA, 2001. Contenido  
adecuado de humedad para de madera. Estación experimental Balcarce  
EE INTA Balcarce. Buenos Aires, Argentina. 16 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, F. (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.
- LAO, R. 1986. Descripción Dendrológica de 51 Especies Forestales.  
Asentamiento Rural Forestal Von Humboldt. Huánuco, Perú. 232p.
- NORMA TECNICA PERUANA (1971) Maderas. Selección y Colección de  
Muestras. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.008 Lima Perú 12 p.

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

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

NORMA TECNICA PERUANA (1971) Maderas. Método de determinación de Contracción. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.012. Lima Perú 7 p.

NORMA TECNICA PERUANA 251.008:1980. MADERAS. Selección y colección de muestras.

NORMA TECNICA PERUANA 251.010: 2004. MADERA. Método para determinar el contenido de humedad. 2a.ed.

NORMA TECNICA PERUANA 251.012: 2004. MADERAS. Método de determinación de contracción. 2a.ed.

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)

PASHIN, A. DE ZEEUW, C. 1980. Textbook of Wood Technology. 4 th.Ed. Mc Graw-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.

POMACHAGUA, J. 1993. Industria de la madera. 1ra. Ed. Huancayo, Perú. 42 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.
- SILVA, S. 2009. Tesis: Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especie forestal Madero Negro, UNU - Pucallpa 2009.
- 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. D. 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.

## **IX. ANEXOS**

Anexo 1. Contenido de humedad de la especie forestal *C. spruceanum*

Cuadro 17. Datos de Contenido de Humedad.

Códigos	Ph (g)	Psh (g)	Ch %	Códigos	Ph (g)	Psh (g)	Ch %
1BTg1	126,70	71,94	76,12	4BTg1	141,90	92,4	53,57
1BTg2	149,56	92,94	60,92	4BTg2	156,57	99,14	57,93
1BTg3	152,16	90,05	68,97	4BTg3	152,39	98,01	55,48
1BTg4	153,79	90,66	69,63	4BTg4	174,48	117,34	48,70
1BTg5	163,06	94,66	72,26	4BRd1	133,24	86,81	53,48
1BRd1	133,71	78,28	70,81	4BRd2	135,28	89,14	51,76
1BRd2	131,45	80,21	63,88	4MTg1	170,31	111,84	52,28
1BRd3	123,13	69,94	76,05	4MTg2	157,92	95,93	64,62
1BRd4	152,53	89,41	70,60	4MRd1	152,32	94,61	61,00
1MTg1	166,67	87,48	90,52	4MRd2	146,38	91,26	60,40
1MTg2	170,74	104,21	63,84	4ATg1	151,98	94,38	61,03
1MTg3	163,93	98,11	67,09	4ATg2	165,68	100,35	65,10
1MRd1	145,76	86,89	67,75	4ATg3	163,86	103,77	57,91
1MRd2	151,64	85,89	76,55	4ARd1	142,14	87,71	62,06
1ATg1	135,82	75,87	79,02		<b>Promedio</b>		<b>58,18</b>
1ATg2	152,1	82,94	83,39	5BTg1	130,20	80,94	60,86
1ARd1	116,55	65,87	76,94	5BTg2	168,79	103,83	62,56
	<b>Promedio</b>		<b>74,00</b>	5BTg3	141,56	88,69	59,61
2BTg1	135,67	84,31	60,92	5BTg4	149,85	93,43	60,39
2BTg2	141,39	88,34	60,05	5BTg5	172,41	108,62	58,73
2BTg3	147,38	88,35	66,81	5BTg6	145,33	90,56	60,48
2BTg4	124,30	78,09	59,18	5BRd1	158,00	97,38	62,25
2BTg5	140,93	89,30	57,82	5BRd2	150,16	90,54	65,85
2BTg6	139,73	84,54	65,28	5BRd3	155,37	96,46	61,07
2BRd1	156,12	95,74	63,07	5BRd4	184,81	112,80	63,84
2BRd2	149,7	88,81	68,56	5BRd5	163,79	100,56	62,88
2BRd3	161,46	99,05	63,01	5BRd6	155,67	96,14	61,92
2BRd4	154,17	94,88	62,49	5MTg1	161,05	93,68	71,92
2MTg1	128,15	78,30	63,67	5MTg2	162,95	95,82	70,06
2MTg2	133,17	80,62	65,18	5MTg3	164,33	94,94	73,09
2MTg3	135,03	84,26	60,25	5MTg4	147,37	87,25	68,91
2MTg4	148,94	88,95	67,44	5MTg5	166,37	95,60	74,03
2MRd1	143,25	88,73	61,44	5MTg6	149,91	87,11	72,09
2MRd2	145,36	88,96	63,40	5MRd1	158,79	96,73	64,16
2MRd3	139,86	83,14	68,22	5MRd2	169,80	103,28	64,41
2MRd4	141,11	84,89	66,23	5MRd3	169,49	99,48	70,38
2ATg1	130,84	83,13	57,39	5MRd4	169,83	100,09	69,68

Continuación del cuadro anterior...							
<b>2ATg2</b>	149,44	90,70	64,76	<b>5ATg1</b>	172,35	99,17	73,79
<b>2ATg3</b>	119,17	75,61	57,61	<b>5ATg2</b>	167,17	99,62	67,81
<b>2ATg4</b>	124,88	75,89	64,55	<b>5ATg3</b>	137,71	83,71	64,51
<b>2ARd1</b>	125,46	77,33	62,24	<b>5ATg4</b>	145,43	83,33	74,52
<b>2ARd2</b>	129,67	76,89	68,64	<b>5ARd1</b>	161,71	94,96	70,29
<b>Promedio</b>			<b>63,57</b>	<b>5ARd2</b>	161,39	92,27	74,91
<b>3BTg1</b>	156,00	93,97	66,01	<b>Promedio</b>			<b>67,50</b>
<b>3BTg2</b>	145,82	91,88	58,71				
<b>3BTg3</b>	142,14	87,02	63,34				
<b>3BTg4</b>	129,49	83,53	55,02				
<b>3BTg5</b>	159,67	102,08	56,42				
<b>3BTg6</b>	152,04	96,42	57,69				
<b>3BRd1</b>	148,07	93,87	57,74				
<b>3BRd2</b>	150,22	91,22	64,68				
<b>3BRd3</b>	136,22	81,7	66,73				
<b>3BRd4</b>	138,19	83,68	65,14				
<b>3MTg1</b>	144,12	92,11	56,47				
<b>3MTg2</b>	91,39	54,8	66,77				
<b>3MTg3</b>	159,02	96,75	64,36				
<b>3MTg4</b>	159,42	97,67	63,22				
<b>3MRd1</b>	145,76	88,61	64,50				
<b>3MRd2</b>	141,65	86,91	62,98				
<b>3MRd3</b>	160,85	102,42	57,05				
<b>3MRd4</b>	161,60	98,74	63,66				
<b>3ATg1</b>	160,14	97,76	63,81				
<b>3ARd1</b>	181,80	109,43	66,13				
<b>Promedio</b>			<b>62,97</b>				

<b>Árbol</b>	<b>Ch (%)</b>
<b>1</b>	74,00
<b>2</b>	63,57
<b>3</b>	62,97
<b>4</b>	58,18
<b>5</b>	67,50
<b>P. total</b>	<b>65,25</b>

Anexo 2. Curva de secado de la especie forestal *C. spruceanum*

Cuadro 18. Datos de Contenido de Humedad referidos a la curva de secado.

Días	Nivel de Fuste			Orientación de corte		Técnica de secado	
	Base	Medio	Ápice	Tangencial	Radial	Triangulo	Caballete
0	61,89	65,77	68,08	64,90	65,59	68,16	60,88
1	56,73	60,28	62,19	59,29	60,18	63,26	54,44
2	52,00	54,72	55,27	53,23	54,76	57,80	48,29
3	47,91	49,99	50,08	48,04	50,61	52,84	44,05
4	44,62	45,74	45,37	43,72	46,77	48,32	40,62
5	42,45	43,40	42,55	41,03	44,56	45,81	38,28
6	40,42	41,10	40,17	38,49	42,63	43,67	35,90
7	38,97	39,27	38,54	36,75	41,10	42,44	33,65
8	37,90	38,03	37,14	35,32	40,07	40,90	32,88
9	37,21	37,09	36,21	34,41	39,26	40,15	31,86
10	36,14	35,96	35,26	33,34	38,23	39,25	30,60
11	34,93	34,69	33,84	31,76	37,21	37,68	<b>29,69</b>
12	33,64	33,32	32,47	30,37	35,92	36,09	28,73
13	32,69	32,31	31,60	<b>29,40</b>	35,00	35,04	27,94
14	31,92	31,58	31,10	28,62	34,45	34,28	27,41
15	31,39	31,00	30,29	27,93	33,86	33,30	27,28
16	31,00	30,56	<b>29,84</b>	27,53	33,40	32,68	27,15
17	30,40	<b>29,96</b>	29,26	26,96	32,79	32,06	26,60
18	<b>29,47</b>	29,03	28,39	25,95	31,98	31,15	25,68
19	28,98	28,51	27,85	25,42	31,47	30,64	25,15
20	28,44	27,96	27,31	24,90	30,91	30,03	24,71
21	27,70	27,16	26,55	24,12	30,16	<b>29,03</b>	24,30
22	27,32	26,80	26,21	23,76	<b>29,79</b>	28,69	23,91
23	27,02	26,48	25,87	23,48	29,43	28,20	23,84
24	26,37	25,77	25,20	22,76	28,80	27,47	23,26
25	26,00	25,42	24,88	22,44	28,43	27,05	23,01
26	25,80	25,17	24,59	22,24	28,14	26,72	22,89
27	25,40	24,70	24,14	21,81	27,68	26,27	22,46
28	24,75	24,08	23,54	21,23	27,02	25,58	21,94
29	24,67	24,01	23,46	21,20	26,90	25,35	22,09
30	24,53	23,83	23,29	21,08	26,68	25,22	21,87
31	23,91	23,26	22,69	20,51	26,07	24,76	21,09
32	23,49	22,76	22,22	20,10	25,55	24,12	20,88
33	23,18	22,46	21,94	19,87	25,18	23,66	20,83
34	23,04	22,31	21,77	19,77	24,97	23,48	20,71
35	22,66	21,84	21,34	19,39	24,50	23,20	20,08
36	22,51	21,70	21,17	19,31	24,27	23,05	19,91



## Continuación del cuadro anterior...

37	22,46	21,62	21,11	19,30	24,16	23,01	19,80
38	22,14	21,33	20,81	19,01	23,85	22,68	19,54
39	21,87	21,05	20,52	18,86	23,44	22,33	19,38
40	21,76	20,92	20,40	18,76	23,29	22,23	19,23
41	21,77	20,95	20,42	18,86	23,24	22,28	19,19
42	21,44	20,63	20,12	18,62	22,85	22,01	18,82
43	21,08	20,29	19,76	18,31	22,44	21,60	18,54
44	20,74	19,92	19,33	17,98	22,01	21,19	18,21
45	20,57	19,76	19,22	17,89	21,82	21,00	18,13
46	20,57	19,78	19,22	17,99	21,72	20,83	18,41
47	20,51	19,71	19,15	17,98	21,60	20,77	18,33
48	20,34	19,50	18,94	17,83	21,36	20,34	18,48
49	19,88	19,11	18,55	17,48	20,88	20,23	17,60
50	19,84	19,10	18,52	17,52	20,79	20,11	17,72
51	19,72	18,94	18,34	17,39	20,61	19,95	17,57
52	19,53	18,74	18,10	17,25	20,33	19,71	17,41
53	19,52	18,73	18,10	17,31	20,25	19,81	17,24
54	19,39	18,59	17,94	17,23	20,05	19,52	17,32
55	19,07	18,28	17,65	16,95	19,72	19,26	16,95
56	18,93	18,17	17,56	16,88	19,56	19,30	16,60
57	18,88	18,11	17,46	16,85	19,44	19,07	16,76
58	18,79	18,02	17,37	16,79	19,33	19,07	16,55
59	18,70	17,93	17,29	16,78	19,16	18,92	16,56
60	18,46	17,67	17,03	16,61	18,83	18,68	16,27
61	18,33	17,57	16,94	16,54	18,69	18,66	16,05
62	18,39	17,63	16,99	16,64	18,70	18,92	15,80
63	18,44	17,64	16,99	16,69	18,69	18,59	16,34
64	18,36	17,66	16,97	16,74	18,58	18,43	16,51
65	18,32	17,57	16,91	16,69	18,51	18,35	16,48
66	18,23	17,47	16,81	16,60	18,41	18,23	16,41
67	18,05	17,31	16,63	16,45	18,21	18,06	16,24
68	17,96	17,22	16,56	16,41	18,08	17,98	16,15
69	17,73	17,03	16,34	16,21	17,85	17,58	16,21
70	17,82	17,07	16,39	16,32	17,87	17,58	16,36
71	17,60	16,88	16,17	16,12	17,65	17,32	16,24
72	17,73	17,03	16,34	16,34	17,73	17,51	16,33
73	17,56	16,86	16,18	16,16	17,57	17,43	16,02
74	17,81	17,08	16,44	16,40	17,83	17,78	16,12
75	17,57	16,78	16,13	16,17	17,48	17,38	15,99
76	17,52	16,73	16,06	16,14	17,41	17,37	15,88
77	17,56	16,80	16,09	16,19	17,44	17,37	15,98
78	17,54	16,77	16,09	16,18	17,42	17,38	15,93
79	17,40	16,64	15,95	16,05	17,27	17,33	15,66

Continuación del cuadro anterior...							
80	17,37	16,59	15,91	16,01	17,23	17,22	15,72
81	17,48	16,73	16,02	16,17	17,31	17,14	16,15
82	17,33	16,58	15,85	16,02	17,15	17,09	15,81
83	17,42	16,68	16,04	16,16	17,27	17,44	15,63
84	17,14	16,40	15,69	15,87	16,96	16,99	15,55
85	17,22	16,48	15,84	15,95	17,07	17,21	15,47
86	17,24	16,47	15,82	15,98	17,04	17,10	15,63
87	17,11	16,35	15,71	15,85	16,92	16,97	15,51
88	17,21	16,43	15,81	15,98	16,98	17,01	15,70
89	17,52	16,78	16,22	16,32	17,35	17,46	15,91
90	16,51	15,98	16,47	15,60	17,03	16,79	15,39
91	16,57	16,05	16,56	15,62	17,17	17,00	15,17
92	16,49	15,97	16,55	15,61	17,06	17,01	14,99

Anexo 3. Contracción en las regiones radial y tangencial para la especie *C. spruceanum*

Cuadro 19. Datos de medidas referidos a la contracción radial y tangencial

Código	E. inicial		E. final		Contracción		T/R
	a	E	a	E	Tg	Rd	
1BTg1a	102,28	26,08	100,12	25,86	1,87	0,83	2,26
1BTg1b	101,95	25,93	100,29	25,72			
1BTg2a	101,68	25,90	100,19	25,74	1,29	0,58	2,23
1BTg2b	102,30	25,78	101,15	25,64			
1BTg3a	102,30	25,75	100,62	25,55	1,49	0,75	1,98
1BTg3b	101,50	26,10	100,15	25,91			
1BTg4a	102,04	25,35	100,84	25,19	1,37	0,70	1,96
1BTg4b	102,17	25,95	100,57	25,75			
1BTg5a	102,28	25,76	100,84	25,58	1,42	0,68	2,09
1BTg5b	102,47	25,89	101,01	25,72			
		<b>Promedio</b>			1,49	0,71	2,10
2BTg1a	102,33	25,75	100,79	25,58	1,59	0,77	2,06
2BTg1b	102,37	26,02	100,65	25,79			
2BTg2a	102,32	25,60	100,70	25,45	1,44	0,56	2,55
2BTg2b	102,34	25,98	101,02	25,84			
2BTg3a	102,41	25,90	101,10	25,75	1,33	0,64	2,09
2BTg3b	102,46	25,96	101,05	25,78			
2BTg4a	102,67	25,74	101,13	25,59	1,49	0,58	2,55
2BTg4b	102,60	25,82	101,09	25,67			
2BTg5a	102,54	25,83	101,09	25,65	1,47	0,73	2,01
2BTg5b	102,59	26,09	101,02	25,89			
2BTg6a	102,48	25,72	101,18	25,60	1,28	0,50	2,54

Continuación del cuadro anterior...							
<b>2BTg6b</b>	102,52	25,81	101,19	25,67			
	<b>Promedio</b>				1,43	0,63	2,27
<b>3BTg1a</b>	102,02	26,34	100,79	26,18	1,32	0,68	1,93
<b>3BTg1b</b>	101,80	26,56	100,35	26,36			
<b>3BTg2a</b>	101,62	27,00	100,11	26,82	1,47	0,71	2,06
<b>3BTg2b</b>	101,63	26,39	100,16	26,19			
<b>3BTg3a</b>	101,44	26,27	99,90	26,11	1,49	0,69	2,18
<b>3BTg3b</b>	101,31	26,17	99,82	25,97			
<b>3BTg4a</b>	102,04	26,64	100,02	26,43	1,69	0,71	2,37
<b>3BTg4b</b>	102,19	26,64	100,76	26,47			
<b>3BTg5a</b>	102,29	26,48	100,41	26,27	1,63	0,79	2,06
<b>3BTg5b</b>	101,35	26,75	99,91	26,54			
<b>3BTg6a</b>	101,98	26,27	100,39	26,05	1,73	0,90	1,91
<b>3BTg6b</b>	102,04	26,89	100,11	26,63			
	<b>Promedio</b>				1,55	0,75	2,08
<b>4BTg1a</b>	101,43	26,55	99,77	26,30	1,71	0,89	1,92
<b>4BTg1b</b>	102,30	26,17	100,48	25,95			
<b>4BTg2a</b>	102,05	25,56	100,29	25,34	1,75	0,86	2,04
<b>4BTg2b</b>	101,58	26,97	99,78	26,74			
<b>4BTg3a</b>	101,53	26,02	99,55	25,79	1,95	0,93	2,10
<b>4BTg3b</b>	102,52	26,76	100,53	26,50			
<b>4BTg4a</b>	102,03	26,08	100,00	25,86	1,99	0,81	2,46
<b>4BTg4b</b>	102,25	25,95	100,22	25,75			
	<b>Promedio</b>				1,85	0,87	2,12
<b>5BTg1a</b>	101,89	25,92	100,58	25,79	1,37	0,52	2,65
<b>5BTg1b</b>	101,79	26,21	100,31	26,07			
<b>5BTg2a</b>	101,94	26,36	100,74	26,24	1,28	0,49	2,61
<b>5BTg2b</b>	102,04	26,49	100,62	26,35			
<b>5BTg3a</b>	102,06	26,20	100,96	26,09	1,11	0,42	2,64
<b>5BTg3b</b>	101,90	26,00	100,73	25,89			
<b>5BTg4a</b>	101,65	26,48	100,42	26,36	1,23	0,47	2,61
<b>5BTg4b</b>	101,67	26,63	100,40	26,50			
<b>5BTg5a</b>	101,67	26,05	100,39	25,91	1,18	0,46	2,56
<b>5BTg5b</b>	101,72	26,29	100,61	26,19			
<b>5BTg6a</b>	101,60	26,33	100,52	26,23	1,04	0,40	2,61
<b>5BTg6b</b>	101,28	26,63	100,26	26,52			
	<b>Promedio</b>				1,20	0,46	2,61
<b>1BRd1a</b>	102,60	25,79	101,51	25,32	1,67	1,00	1,67
<b>1BRd1b</b>	102,30	25,75	101,34	25,36			
<b>1BRd2a</b>	101,89	26,01	101,19	25,66	1,80	0,93	1,95
<b>1BRd2b</b>	102,19	26,51	101,00	25,91			
<b>1BRd3a</b>	102,24	26,20	101,12	25,55	2,20	1,02	2,16
<b>1BRd3b</b>	102,18	26,08	101,22	25,58			

Continuación del cuadro anterior...							
1BRd4a	101,92	25,95	101,30	25,66	1,24	0,67	1,85
1BRd4b	101,80	25,64	101,05	25,29			
<b>Promedio</b>					1,73	0,90	1,91
2BRd1a	102,01	25,82	101,52	25,55	1,05	0,53	1,98
2BRd1b	102,00	25,80	101,41	25,53			
2BRd2a	102,09	25,66	101,46	25,31	1,41	0,56	2,51
2BRd2b	102,06	25,94	101,54	25,56			
2BRd3a	101,95	26,01	101,28	25,57	1,93	0,84	2,30
2BRd3b	102,38	25,90	101,34	25,34			
2BRd4a	102,52	26,23	101,12	25,48	2,05	1,02	2,02
2BRd4b	102,03	25,65	101,35	25,33			
<b>Promedio</b>					1,61	0,74	2,19
3BRd1a	100,72	26,27	100,06	25,93	1,06	0,63	1,69
3BRd1b	100,84	26,40	100,23	26,18			
3BRd2a	100,46	25,80	99,78	25,56	1,26	0,75	1,68
3BRd2b	100,80	26,38	99,97	25,96			
3BRd3a	100,84	26,27	100,09	25,90	1,59	0,79	2,03
3BRd3b	101,50	26,44	100,66	25,97			
3BRd4a	101,41	26,59	100,46	26,16	1,46	0,95	1,55
3BRd4b	100,63	26,66	99,67	26,31			
<b>Promedio</b>					1,35	0,78	1,73
4BRd1a	101,43	25,70	100,68	25,33	1,55	0,71	2,18
4BRd1b	101,30	25,95	100,61	25,52			
4BRd2a	101,47	26,48	100,51	25,99	1,63	0,82	1,99
4BRd2b	101,65	26,26	100,95	25,89			
<b>Promedio</b>					1,59	0,76	2,08
5BRd1a	102,11	26,27	101,28	25,76	2,10	0,85	2,48
5BRd1b	102,00	26,51	101,10	25,91			
5BRd2a	101,64	26,74	100,92	26,29	1,46	0,60	2,41
5BRd2b	101,81	26,87	101,30	26,54			
5BRd3a	101,69	25,96	100,82	25,44	1,84	0,78	2,35
5BRd3b	101,42	26,35	100,70	25,91			
5BRd4a	102,39	26,35	101,48	25,79	1,78	0,74	2,40
5BRd4b	102,06	26,67	101,46	26,29			
5BRd5a	102,34	26,06	101,49	25,50	1,58	0,62	2,55
5BRd5b	101,76	26,51	101,34	26,24			
5BRd6a	101,53	26,16	100,95	25,78	1,39	0,56	2,46
5BRd6b	102,05	26,36	101,48	26,01			
<b>Promedio</b>					1,69	0,69	2,44
1MTg1a	102,63	26,18	100,54	25,84	1,73	1,03	1,67
1MTg1b	102,53	25,98	101,08	25,78			

Continuación del cuadro anterior...							
<b>1MTg2a</b>	101,87	25,50	100,54	25,32	1,73	0,74	2,33
<b>1MTg2b</b>	102,86	25,63	100,64	25,43			
<b>1MTg3a</b>	102,00	26,01	100,53	25,79	1,19	0,64	1,87
<b>1MTg3b</b>	102,32	25,84	101,36	25,73			
	<b>Promedio</b>				1,55	0,80	1,93
<b>2MTg1a</b>	102,36	25,80	101,03	25,63	1,29	0,70	1,84
<b>2MTg1b</b>	102,42	25,54	101,11	25,35			
<b>2MTg2a</b>	102,43	25,91	101,08	25,75	1,37	0,64	2,14
<b>2MTg2b</b>	102,61	25,72	101,15	25,55			
<b>2MTg3a</b>	102,69	25,79	101,14	25,61	1,49	0,72	2,07
<b>2MTg3b</b>	102,61	25,81	101,11	25,62			
<b>2MTg4a</b>	102,75	25,95	101,13	25,74	1,36	0,75	1,81
<b>2MTg4b</b>	102,46	25,86	101,29	25,68			
	<b>Promedio</b>				1,38	0,70	1,96
<b>3MTg1a</b>	101,85	26,53	99,89	26,28	1,68	0,83	2,02
<b>3MTg1b</b>	101,23	26,30	99,77	26,11			
<b>3MTg2a</b>	101,86	26,41	100,06	26,18	1,76	0,85	2,07
<b>3MTg2b</b>	102,02	26,58	100,23	26,36			
<b>3MTg3a</b>	101,80	26,52	100,15	26,31	1,60	0,77	2,07
<b>3MTg3b</b>	101,79	26,50	100,18	26,30			
<b>3MTg4a</b>	102,05	26,42	100,54	26,18	1,51	0,79	1,90
<b>3MTg4b</b>	101,92	26,48	100,35	26,30			
	<b>Promedio</b>				1,64	0,81	2,02
<b>4MTg1a</b>	101,22	26,39	99,92	26,22	1,37	0,72	1,91
<b>4MTg1b</b>	101,52	26,60	100,04	26,39			
<b>4MTg2a</b>	101,75	26,00	100,27	25,81	1,35	0,71	1,90
<b>4MTg2b</b>	101,68	26,14	100,42	25,96			
	<b>Promedio</b>				1,36	0,71	1,91
<b>5MTg1a</b>	101,64	25,92	100,28	25,76	1,28	0,60	2,15
<b>5MTg1b</b>	101,55	26,17	100,31	26,02			
<b>5MTg2a</b>	101,55	25,73	100,39	25,59	1,18	0,57	2,08
<b>5MTg2b</b>	101,59	25,42	100,35	25,27			
<b>5MTg3a</b>	101,29	25,10	100,09	24,95	1,17	0,57	2,05
<b>5MTg3b</b>	101,35	25,78	100,18	25,64			
<b>5MTg4a</b>	101,77	26,08	100,63	25,94	1,11	0,49	2,25
<b>5MTg4b</b>	101,35	26,60	100,23	26,48			
<b>5MTg5a</b>	101,98	26,06	100,78	25,91	1,17	0,55	2,12
<b>5MTg5b</b>	102,05	26,66	100,87	26,52			
<b>5MTg6a</b>	102,08	26,68	100,91	26,53	1,12	0,55	2,05
<b>5MTg6b</b>	101,82	26,45	100,71	26,31			
	<b>Promedio</b>				1,17	0,55	2,12

Continuación del cuadro anterior...							
1MRd1a	101,91	26,43	101,10	26,04	1,35	0,71	1,92
1MRd1b	102,15	26,06	101,52	25,74			
1MRd2a	101,79	26,00	101,12	25,68	1,35	0,75	1,80
1MRd2b	102,18	25,80	101,32	25,42			
		<b>Promedio</b>			1,35	0,73	1,86
2MRd1a	102,05	25,85	101,29	25,50	1,61	0,92	1,74
2MRd1b	103,61	25,74	102,47	25,26			
2MRd2a	103,20	25,77	102,61	25,48	1,24	0,56	2,22
2MRd2b	102,14	25,66	101,58	25,31			
2MRd3a	102,18	25,88	101,38	25,48	1,37	0,73	1,88
2MRd3b	101,88	25,86	101,19	25,55			
2MRd4a	101,84	25,56	101,26	25,15	1,76	0,68	2,57
2MRd4b	102,44	26,04	101,62	25,54			
		<b>Promedio</b>			1,50	0,72	2,07
3MRd1a	100,94	26,26	99,99	25,92	1,33	0,90	1,48
3MRd1b	100,50	26,29	99,64	25,93			
3MRd2a	100,88	26,31	100,01	26,00	1,47	0,91	1,63
3MRd2b	101,10	26,58	100,14	26,11			
3MRd3a	101,44	26,31	100,84	26,01	1,12	0,60	1,86
3MRd3b	101,08	26,39	100,46	26,10			
3MRd4a	101,59	26,13	100,47	25,57	1,64	0,84	1,94
3MRd4b	101,01	26,49	100,42	26,19			
		<b>Promedio</b>			1,39	0,81	1,71
4MRd1a	101,28	26,50	100,44	26,15	1,22	0,75	1,63
4MRd1b	101,32	26,09	100,65	25,80			
4MRd2a	101,80	26,08	101,14	25,60	1,63	0,76	2,13
4MRd2b	101,10	26,01	100,21	25,64			
		<b>Promedio</b>			1,42	0,75	1,89
5MRd1a	100,89	26,31	100,25	25,96	1,24	0,57	2,18
5MRd1b	101,22	26,93	100,71	26,62			
5MRd2a	101,87	25,51	101,26	25,14	1,31	0,70	1,87
5MRd2b	101,61	25,59	100,79	25,29			
5MRd3a	100,98	26,23	100,11	25,87	1,40	0,70	1,99
5MRd3b	100,96	25,99	100,41	25,62			
5MRd4a	101,14	25,78	100,62	25,47	1,13	0,47	2,37
5MRd4b	101,15	25,76	100,71	25,49			
		<b>Promedio</b>			1,27	0,61	2,07
1ATg1a	102,25	25,64	100,76	25,45	1,27	0,70	1,81
1ATg1b	102,15	25,71	101,05	25,54			
1ATg2a	102,59	26,15	100,94	25,92	1,46	0,87	1,69
1ATg2b	102,24	25,63	100,89	25,41			

Continuación del cuadro anterior...							
<b>Promedio</b>					1,37	0,79	1,74
<b>2ATg1a</b>	102,68	25,70	101,35	25,48	1,37	0,86	1,60
<b>2ATg1b</b>	102,83	25,68	101,34	25,46			
<b>2ATg2a</b>	102,79	25,82	101,18	25,60	1,58	0,78	2,03
<b>2ATg2b</b>	102,87	25,62	101,24	25,44			
<b>2ATg3a</b>	102,86	25,63	101,06	25,40	2,03	0,93	2,18
<b>2ATg3b</b>	102,76	25,74	100,38	25,49			
<b>2ATg4a</b>	102,78	25,61	101,09	25,41	1,55	0,81	1,90
<b>2ATg4b</b>	102,82	25,96	101,33	25,74			
<b>Promedio</b>					1,63	0,85	1,93
<b>3ATg1a</b>	101,15	26,47	99,72	26,27	1,26	0,68	1,84
<b>3ATg1b</b>	100,98	26,16	99,87	26,00			
<b>Promedio</b>					1,26	0,68	1,84
<b>4ATg1a</b>	102,20	26,48	100,24	26,17	1,91	1,07	1,79
<b>4ATg1b</b>	102,19	26,87	100,24	26,61			
<b>4ATg2a</b>	102,17	26,23	100,67	26,04	1,59	0,80	1,98
<b>4ATg2b</b>	102,31	26,07	100,56	25,84			
<b>4ATg3a</b>	102,11	26,06	100,16	25,78	1,73	0,98	1,77
<b>4ATg3b</b>	102,32	26,24	100,74	26,01			
<b>Promedio</b>					1,74	0,95	1,84
<b>5ATg1a</b>	102,14	26,15	100,45	25,94	1,45	0,71	2,05
<b>5ATg1b</b>	101,60	26,30	100,34	26,14			
<b>5ATg2a</b>	102,00	25,78	100,85	25,63	1,10	0,56	1,97
<b>5ATg2b</b>	101,95	26,11	100,85	25,97			
<b>5ATg3a</b>	101,87	25,78	100,68	25,64	1,27	0,61	2,06
<b>5ATg3b</b>	101,64	26,28	100,25	26,10			
<b>5ATg4a</b>	101,91	25,85	100,00	25,61	1,63	0,79	2,05
<b>5ATg4b</b>	101,93	25,82	100,52	25,65			
<b>Promedio</b>					1,36	0,67	2,04
<b>1ARd1a</b>	101,40	26,01	100,59	25,67	1,26	0,73	1,72
<b>1ARd1b</b>	102,10	25,72	101,42	25,41			
<b>Promedio</b>					1,26	0,73	1,72
<b>2ARd1a</b>	102,43	26,00	101,55	25,58	1,54	0,86	1,79
<b>2ARd1b</b>	102,46	25,87	101,57	25,49			
<b>2ARd2a</b>	102,61	25,71	101,71	25,39	1,59	0,87	1,84
<b>2ARd2b</b>	102,50	25,76	101,62	25,26			
<b>Promedio</b>					1,57	0,87	1,81
<b>3ARd1a</b>	101,14	26,42	100,19	25,97	1,53	0,93	1,65
<b>3ARd1b</b>	101,49	26,55	100,56	26,19			
<b>Promedio</b>					1,53	0,93	1,65

Continuación del cuadro anterior...							
<b>4ARd1a</b>	101,58	26,19	100,62	25,79	1,70	0,96	1,77
<b>4ARd1b</b>	101,98	26,27	100,99	25,78			
	<b>Promedio</b>				1,70	0,96	1,77
<b>5ARd1a</b>	99,77	25,85	99,16	25,54	1,36	0,69	1,97
<b>5ARd1b</b>	101,43	25,72	100,65	25,33			
<b>5ARd2a</b>	100,88	25,99	100,37	25,73	1,21	0,61	1,98
<b>5ARd2b</b>	101,32	26,01	100,59	25,64			
	<b>Promedio</b>				1,28	0,65	1,97

Cuadro 20. Datos de la relación tangencial/radial por árbol.

Árbol	Medida Inicial	Medida Final	Contracción		T/R
			Tg	Rd	
1	18-feb	18-abr	1,25	0,67	1,87
2	26-feb	26-abr	1,30	0,64	2,02
3	05-mar	02-may	1,24	0,68	1,83
4	16-mar	14-may	1,38	0,72	1,93
5	26-mar	24-may	1,14	0,52	2,20
	<b>Promedio (T/R)</b>				<b>1,97</b>

Anexo 4. Datos de los arboles de *C. spruceanum* evaluados

Cuadro 21. Datos externos de los arboles evaluados.

Nº Arboles	H. total (m)	H. fuste (m)	H. copa (m)	DAP (cm)
1	37,00	6,70	30,30	39,4
2	36,00	10,70	25,30	41,5
3	35,50	9,60	25,90	40,00
4	32,00	9,80	22,20	30,00**
5	26,00	8,00	18,00	42,00
Lugar:	Afilador			
Edad:	16 años			

\*\* El árbol Nº 4 fue extraído del campus de la UNAS



Anexo 5. Obtención de las muestras y desarrollo de la tesis



Figura 22. Poda de ramas para dirigir la caída de la especie *C. spruceanum*.



Figura 23. Apeo o tala de la especie forestal *C. spruceanum* en estudio.



Figura 24. Corte de muestras según la orientación radial o tangencial de *C. spruceanum*

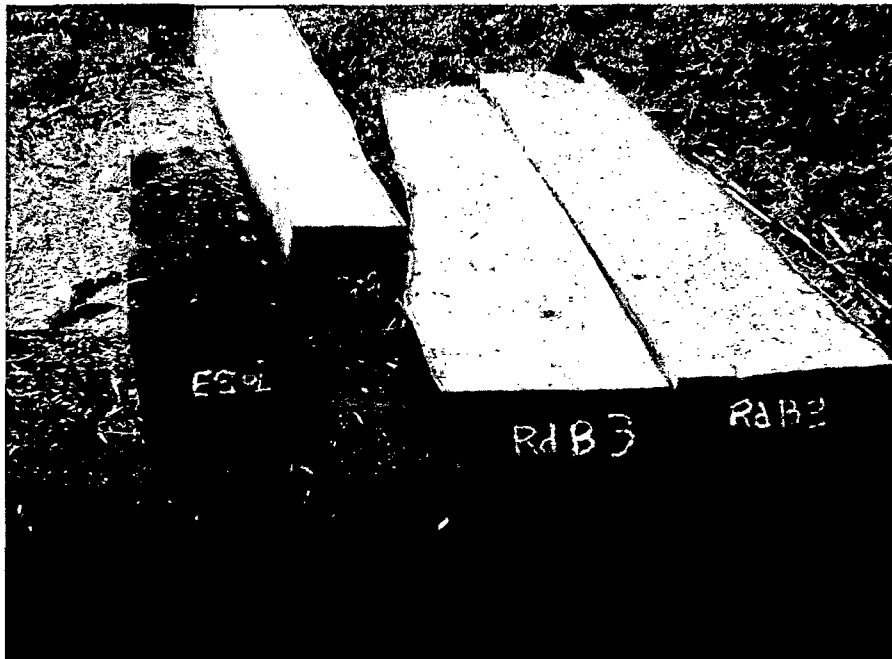


Figura 25. Muestras debidamente identificadas según el tipo de corte y nivel de fuste

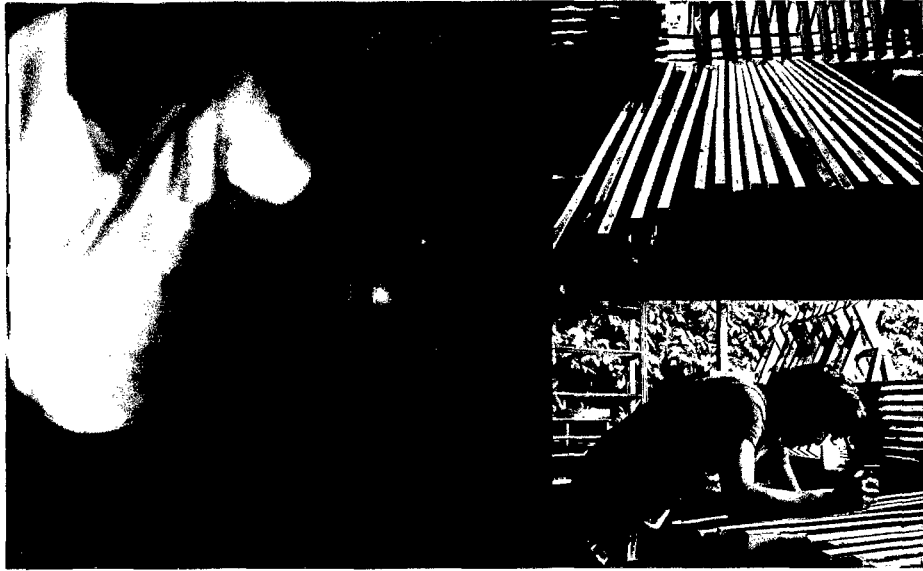


Figura 26. Obtención de tablillas para establecer en la técnica de secado e identificación por nivel y corte.



Figura 27. Evaluación de pesadas y medidas (Ancho y espesor)



Figura 28. Evaluación de pesadas en laboratorio para determinar contenido de humedad.



Figura 29. Muestras según la técnica de secado (triangulo y caballete)



### LEYENDA

- Ubicación de árboles
- Rios
- Image Imagen Google Earth

#### Coordenadas UTM

Id	E	N	Altitud
1	390714	89688	660

#### MAPA DE UBICACIÓN

**INFORME DE TESIS**  
**CARACTERÍSTICAS DEL SECADO AL NATURAL**  
**EN TÉCNICAS DE APILADO TRIÁNGULO Y**  
**CABALLETE DE LA ESPECIE FORESTAL**  
*Calycophyllum spruceanum* Benthám "CAPIRONA"

ESCALA : 1 : 35000

Huanuco  
 Leoncio Prado  
 Afñador:

Elaborado por:  
 Bach. Gallo Álvarez A.G

Figura 30. Mapa de Ubicación de la zona de extracción de la especie forestal *C. spruceanum*