

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



EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL *Calycophyllum*
***spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman "CAPIRONA" A TRES**
NIVELES DEL FUSTE, EN LA ZONA DE TINGO MARÍA - PERÚ

Tesis

Para optar el título de :

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN FORESTALES

JOEL GAMEZ PENADILLO

PROMOCIÓN 2007 - I

Tingo María - Perú

2009

K10

G22

Gamez Penadillo, Joel

Evaluación de las Características Físicas del *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman "Capirona" a tres Niveles del Fuste, en la Zona de Tingo María - Perú. Tingo María, 2009

63 h.; 16 cuadros; 12 fgrs.; 45 ref.; 30 cm.

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

CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM / CARACTERÍSTICAS FÍSICAS /

CONTENIDO - HUMEDAD / DENSIDAD BÁSICA / CONTRACCIONES /

TINGOMARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

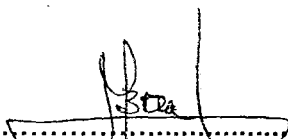
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 23 de Junio de 2009, a horas 04:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman (CAPIRONA) A TRES NIVELES DEL FUSTE, EN LA ZONA DE TINGO MARÍA – PERÚ”

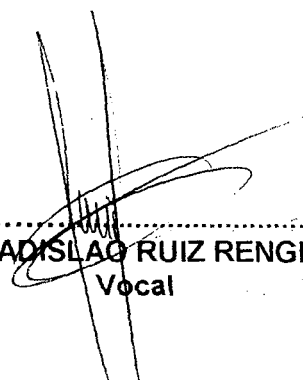
Presentado por el Bachiller: **JOEL GAMEZ PENADILLO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “BUENO”.

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

Tingo María, 24 de julio de 2009


.....
Ing. MANUEL BRAVO MORALES
Presidente




.....
Ing. M.Sc. LADISLAO RUIZ RENGIFO
Vocal


.....
Ing. M.Sc. VICENTE POCOMUCHA POMA
Vocal


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

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Leoncio Gamez Blas y Doris Penadillo Segura, con amor y eterna gratitud, quien con su abnegado sacrificio hicieron posible que pueda lograr unas de mis grandes metas.

A mis hermanos, Ana, María, David, Marcos y en especial para Carmen por su gran apoyo que me dio en el desarrollo académico de la profesión. A mis sobrinos Juan, Fiorella, Naomy, Sebastián y Keren.

A Dios todo poderoso y a una persona muy especial que por su apoyo desinteresado aportó también un granito de arena para el cumplimiento de mis objetivos, Milagros Rengifo Rengifo.

AGRADECIMIENTO

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

Al Ing. Jorge Luis Vergara Palomino, por su apoyo desinteresado de asesorar la ejecución y redacción del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. Robert Gilbert Pecho de la Cruz, por su valiosa experiencia de orientarme en la ejecución del trabajo de investigación.

A mi amigo Carlos Rojas A. por su apoyo desinteresado en el armado de la tesis.

A Mario Sosa y Leyden Fucx, trabajadores del área de tecnología, por su apoyo en la transformación de los árboles.

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

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Propiedades físicas de la madera.....	3
2.1.1. Contenido de humedad.....	3
2.1.2. Densidad.....	8
2.1.3. Contracción de la madera.....	11
2.2. Variación de las propiedades físicas.....	16
2.3. Influencia de la madera de los factores internos y externos.....	20
2.4. Factores que inciden en el secado de la madera.....	22
2.4.1. Factores de la madera.....	22
2.5. Características generales de <i>Calycophyllum spruceanun</i> (Bentham) Hooker F. ex Chuman.....	24
2.5.1. Descripción dendrológica.....	24
2.5.2. Aspectos taxonómicos.....	24
2.5.3. Características organolépticas.....	25
2.5.4. Características tecnológicas.....	25
2.5.5. Aserrío y secado.....	26
2.5.6. Durabilidad.....	26
2.5.7. Utilidad.....	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Ubicación política.....	28
3.2. Ubicación geográfica.....	28

3.3. Lugar de ejecución.....	28
3.4. Zona de vida.....	29
3.5. Características climáticas.....	29
3.6. Materiales y equipos.....	29
3.6.1. Material biológico.....	29
3.6.2. Material de campo.....	30
3.6.3. Material de laboratorio.....	30
3.6.4. Equipos de campo.....	30
3.7. Metodología.....	30
3.7.1. Colección de muestra.....	30
3.7.2. Talado, trozado y aserrío primario.....	31
3.7.3. Transporte.....	31
3.7.4. Obtención de probetas.....	31
3.8. Determinación de las propiedades físicas.....	33
3.8.1. Contenido de humedad.....	33
3.8.2. Densidad básica.....	34
3.8.3. Determinación de contracción.....	35
3.9. Análisis estadístico.....	37
3.9.1. Análisis de varianza.....	38
IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	40
4.1. Contenido de humedad.....	40
4.2. Densidad básica.....	43
4.3. Contracciones (Tg, Rd, Ln y Vo).....	46
4.4. Relación Tg/Rd.....	50

V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. ABSTRACT.....	56
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Denominación de la madera en función al contenido de humedad....	7
2. Clasificación de la madera según la densidad básica.....	11
3. Clasificación según contracción volumétrica.....	15
4. Clasificación según la relación de contracción tangencial y radial.....	15
5. Coordenadas UTM del sector de afilador.....	28
6. Análisis de variancia (ANVA).....	38
7. Análisis de variancia del contenido de humedad (%) en los niveles del fuste y en los árboles.....	41
8. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha= 0,05$) para los promedios del contenido de humedad por cada nivel del fuste.....	42
9. Análisis de variancia de la densidad básica (g/cm^3) en los niveles del fuste y en los árboles.....	44
10. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha= 0,05$) para los promedios de la densidad básica por cada nivel del fuste.....	45
11. Análisis de variancia de las contracciones (%) Tg, Rd, Ln y Vo, en los niveles del fuste y en los árboles.....	47
12. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha= 0,05$) para los promedios de las contracciones (Tg, Rd, Ln, y Vo) por cada nivel del fuste.....	49
13. Análisis de variancia de la relación Tg/Rd en los niveles del fuste y en los árboles	51

14. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha= 0,05$) para los promedios de la relación Tg/Rd por cada nivel del fuste.....	52
15. Datos externos de los cinco árboles evaluados.....	65
16. Ejemplo de un cuadro de evaluación del CH (%) en el quinto árbol..	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diagrama de obtención de las probetas en los árboles.....	32
2. Esquema de los factores evaluados en el árbol.....	38
3. Promedios del contenido de humedad (%) por cada nivel del fuste...	42
4. Promedios de la densidad básica (g/cm^3) por cada nivel del fuste. ...	45
5. Promedios de las contracciones (%) Tg, Rd, Ln y Vo por cada nivel del fuste.....	49
6. Promedios de la relación Tg/Rd por cada nivel del fuste.....	53
7. Flujograma del procedimiento de la determinación de las características físicas.....	64
8. Mapa de ubicación de la zona en afilador.....	66
9. Ubicación y colección de los árboles.....	67
10. Trozado y aserrío primario en el campo.....	67
11. Obtención de probetas con sus códigos respectivos del primer árbol.....	68
12. Medición de la contracción radial del tercer árbol.....	68

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, a través de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, del Área de Tecnología y Aprovechamiento de la Madera de la ciudad de Tingo María; con el propósito de determinar las características físicas de la especie *Calycophyllum spruceanum*, comúnmente denominado en la zona "Capirona". Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 13, estableciendo para la evaluación los datos de los tipos de muestra con respecto a las propiedades físicas, un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con cinco bloques y con tres niveles, donde los bloques son cinco árboles y los niveles son trozas obtenidas en tres secciones del fuste (parte base, media y ápice). Aplicando la Norma Técnica Peruana (NTP). Los resultados obtenidos en promedios totales son: contenido de humedad 70,715 %, densidad básica 0,653 g/cm³, contracción tangencial 7,732 % contracción radial 3,859 %, contracción longitudinal 0,340 %, contracción volumétrica 10,720 % y la relación tangencial/radial 2,059.

I. INTRODUCCIÓN

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

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

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

Objetivo general

Evaluar las características físicas del *Calycophyllum spruceanum* (Benth)

Hooker F. Ex Chuman "Capirona" a tres niveles del fuste, en la zona de Tingo María.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad del *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. Ex Chuman "Capirona" a tres niveles del fuste (parte base, media y ápice).
- Determinar la densidad básica del *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. Ex Chuman "Capirona" a tres niveles del fuste (parte base, media y ápice).
- Determinar las contracciones del *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. Ex Chuman "Capirona" a tres niveles del fuste (parte base, media y ápice).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Las características físicas de la madera

2.1.1. Contenido de humedad

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

aumenta la capacidad mecánica, es decir se incrementa la resistencia de la madera, y a partir del PSF, un aumento en el CH no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

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

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

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

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

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

2.1.1.1. 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).

2.1.1.2. 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).

2.1.1.3. 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).

La variación del contenido de humedad de la madera, por su carácter higroscópico, produce un cambio de sus dimensiones cuando se encuentra por debajo del punto de saturación de las fibras. Esta deformación es debida a que el agua se sitúa dentro de la pared celular entre los elementos que la componen (fibrillas elementales, microfibrillas, entre otras) separándolos o acercándolos, según aumente o disminuya su cantidad. Por encima del punto

de saturación de las fibras, el agua que se añade a la madera lo hace en forma de agua libre situándose en el interior de los lúmenes celulares, causa por la cual no se produce hinchazón ni merma. Dado el carácter anisótropo de la madera, el comportamiento es distinto según la dirección elegida, de manera que las variaciones dimensionales no serán las mismas en las direcciones longitudinal, radial y tangencial (RODRIGUEZ y VILLASANTE, 1998).

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

2.1.2. Densidad

ANANÍAS (1992) describe que la densidad de la madera expresa la relación entre la masa de los distintos tipos de elementos que forman la madera y el volumen que ellos ocupan. Como la madera es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la madera el volumen interno de espacios vacíos existentes. El contenido de humedad de la madera influye sobre la relación madera - volumen, es decir, es afectado el peso y las dimensiones de la madera. Por ello, se conocen distintos tipos de densidad, entre ellas destacan la densidad básica y la densidad de referencia. Además la densidad de la madera es un criterio usado para estimar las características de resistencia mecánica de la madera satisfactoriamente. Se emplea también como elemento de juicio para estimar la cantidad de material leñoso de una

especie. Se puede usar como estimador de la facilidad con que se deja trabajar la madera (cortar, cepillar, moldurar, etc.). Normalmente las maderas de mayor densidad presentan una mejor resistencia mecánica y una mayor cantidad de material leñoso, pero se dejan trabajar y tratar con mayor dificultad.

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

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

2.1.2.1. Densidad básica de la madera

Relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30 %. La densidad de un cuerpo es el coeficiente formado por masa y volumen. 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 (AROSTEGUI Y VALENZUELA, 1984).

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

GRIGORIEV (1985) asegura que cualquier aumento en el contenido de humedad podría incrementar la masa de la madera en una tasa mayor que la de su volumen, un aumento en el contenido de humedad ocasionaría una densidad muy elevada. La densidad de la madera tiene influencia sobre las propiedades mecánicas, como resistencia a la flexión,

dureza entre otras, es decir, que cuanto más densa sea la madera, más difícil será secarla. VIZCARRA (1998) dice que el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica (DB), debido a su importancia en el uso y a su relación con la resistencia mecánica.

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

Grupo	Rango (g/cm^3)	Clasificación
I	Menos de 0,30	Muy baja (MB)
II	De 0,31 a 0,40	Baja (B)
III	De 0,41 a 0,60	Media (M)
IV	De 0,61 a 0,80	Alta (A)
V	Más de 0,81	Muy alta (MA)

Fuente: VIZCARRA (1998).

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.

2.1.3. Contracción de la madera

Es la disminución o pérdida de volumen de la madera, bajo el PSF y se expresa como porcentaje de la dimensión de la madera en estado verde. Además, es una de las características más indeseables de la madera y es la responsable en gran medida, de los inconvenientes y dificultades que se

encuentran con ella en la construcción (PÉREZ, 1983). Esta se produce, como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa amorfa y aproximarse unas a otras microfibrillas. La contracción es proporcional al descenso del CH bajo el PSF (CUEVAS, 2003). La madera contiene una cierta cantidad de agua depositada en los lúmenes celulares y en las paredes celulares de las fibras. Normalmente cuando la madera intercambia humedad de la pared celular, a consecuencia de esto, se produce variaciones en las dimensiones de la madera, las que son conocidas como contracción o hinchamiento (ANANIAS, 1987).

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

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

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

KOLLMANN (1959) señala que la variación y expansión de la madera son los cambios dimensionales, tanto en el sentido radial, tangencial y

longitudinal, que sufre la madera como consecuencia de la variación de su contenido de humedad, por debajo del PSF. La relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

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

ANANÍAS (1992) manifiesta que los cambios dimensionales normales de la madera son de magnitud diferentes en las direcciones tangenciales, radiales y longitudinales. La contracción tangencial es 1,5 a 3 veces mayor que la contracción radial y la contracción longitudinal es normalmente despreciable en la madera. Las diferencias entre contracción tangencial y radial son debidas por una parte al potencial favorecimiento de la contracción en el sentido tangencial que hacen las bandas de madera de verano, particularmente en coníferas, y por otra a la restricción a los cambios dimensionales que ejercen los radios leñosos en la dirección radial de la madera. La limitada contracción longitudinal es debida a la orientación longitudinal de los principales tejidos constituyentes de la madera. Ciertos defectos que ocurren durante el secado de la madera son ocasionados por las

diferencias de contracción tangencial y radial, particularmente el defecto denominado acanaladura. Mientras mayor es la relación Ctg/Crd las maderas son más nerviosas. Igualmente la contracción longitudinal excesiva puede ocasionar los defectos denominados encorvadura y arqueadura.

Cuadro 3. Clasificación según la contracción volumétrica.

Grupo	Rango (%)	Clasificación
1	menos de 9	Muy Baja (MB)
2	de 9,1 a 11	Baja (B)
3	de 11,1 a 13	Media (M)
4	de 13,1 a 15	Alta (A)
5	mas de 15,1	Muy Alta (MA)

Fuente: VIZCARRA (1998).

Cuadro 4. 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	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).

2.2. Variación de las características físicas

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

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 solo por que la adición de agua en la pared celular cambia su densidad y dimensiones, sino también por su efecto sobre la plasticidad y transferencia de energía dentro de la pieza de madera.
- La proporción de los componentes primarios en la pared celular y a la cantidad y naturaleza de las sustancias extrañas. Es responsable de las desviaciones o variabilidades que presenta en su comportamiento cuantitativo.
- El arreglo y orientación de los materiales que forman las paredes celulares así como los tejidos, lo que es causa principal de la anisotropía de la madera.
- El tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que forman el tejido maderable.

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

Para HAYGREEN y BOWYER (1982) la variación de densidades entre plantaciones de pino es atribuible 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 madures.

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

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

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 HERRERA (1987), establece que la presencia de extractivos pueden dar una ficticia densidad y llegar a resultados erróneos.

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

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

DANJOY (1972) especifica que estas deformaciones no presentan la misma magnitud en las tres dimensiones, por ser la madera un material anisotrópico. KOLLMAN (1959), al respecto dice que en la dirección axial o longitudinal la contracción es mínima, mientras que en la dirección tangencial se da la mayor variación y menor en la radial, la suma de los valores cuánticos de estas tres contracciones nos da el valor numérico de la contracción volumétrica. TUSSET y DURAN (1979) agregan que las contracciones se

presentan por debajo del punto de saturación de las fibras, por la pérdida de agua higroscópica.

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

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

PANSHIN y De ZEEUW (1981) 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 y DURAN (1979) agregan que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

Así como LARSON (mencionado por HAYGREEN y BOWYER 1982) señala que durante la formación de la madera numerosos factores dentro y fuera del árbol, nos llevan a la variación en tipo, número, forma, estructura física y composición química de los componentes de la madera. HAYGREEN y

BOWYER (1982) añaden 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 (mencionado 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 sea 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 (1972) menciona que el factor externo suelo ejerce gran influencia en el desarrollo del árbol y esto se ve reflejado en la calidad de la madera es así cuando el terreno es húmedo la fibra resulta ligera y esponjosa siendo el exceso de agua el que impide que la savia se concentre y forme un tejido compacto, en cambio los arboles de maderas duras se desarrollan en terrenos secos y arcillosos.

2.4. Factores que inciden en el secado de la madera

2.4.1. Factores de la madera

2.4.1.1. Influencia de la estructura anatómica

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.

2.4.1.2. La higroscopicidad

SOLANO (1998) manifiesta que la higroscopicidad, es la característica que tienen los cuerpos porosos, entre ellos la madera de perder o

ganar humedad de acuerdo al medio ambiente donde se encuentra. Esta propiedad tiene gran influencia en el secado ya que mediante ella se logra que la madera pierda humedad, cambiando las condiciones climáticas del sitio donde se encuentre, (horno de secado). En un clima cualquiera la madera adquiere un contenido de humedad determinado que se conoce como CHE.

2.4.1.3. La anisotropía

De acuerdo a SOLANO (1998) la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinales, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado, ya que la mayoría de ellos son producidos por efectos de las contracciones o disminuciones de dimensiones diferentes de cada uno de los tres planos y se presentan después que la madera ha perdido el agua libre y empieza a perder el agua fija. La contracción tangencial es mayor que la radial y esta mayor que la longitudinal pudiendo decirse que la tangencial fluctúa entre 3,5 % a 15 %, la radial varía entre 2,4 % a 11 % y la longitudinal varía entre 0,1 % a 0,9 %. La relación entre la contracción tangencial y la contracción radial es el coeficiente de estabilidad dimensional (CED). Si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efectos del secado serían despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución desigual de dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumentan las pérdidas de madera durante el proceso de secado. El valor del CED incide directamente

sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto CED. La contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas, rajaduras y deformaciones si el secado es muy rápido.

2.5. Características generales de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham)

Hooker F. ex Chuman

2.5.1. Descripción dendrológica

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

2.5.2. Aspectos taxonómicos

Según Cronquist, citado por MOSTACERO (2002).

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

Nombres Vulgares : Capirona_Penu, Palo mulato, Guayabochi,
Palo blanco, etc.

2.5.3. Características organolépticas

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

Color	: El tronco bien cortado presenta las capas externas de la madera de color blanco cremoso y las capas internas de color blanco pardo con vetas de color marrón claro, observándose entre ambas capas muy poco contraste en el color.
Olor	: No distintivo.
Lustre o brillo	: Medio.
Grano	: Recto ha ligeramente entrecruzado.
Textura	: Fina.
Veteado	: Jaspeado tenue, bandas paralelas.

2.5.4. Características tecnológicas

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

2.5.4.1. Características físicas

Densidad básica	:	0,76 g/cm ³ .
Contracción tangencial	:	9,00 %
Contracción radial	:	5,00 %
Contracción volumétrica	:	15,00 %
Relación T/R	:	1,80

2.5.5. Aserrio y secado

Madera moderadamente fácil de aserrar y de buen comportamiento. Al secado artificial se comporta en forma regular, requiere un programa suave para evitar los riesgos de agrietamiento. Trabajabilidad difícil debido a su dureza, presenta riesgos de rajaduras al clavado, permite acabados buenos (FAO, 2002).

La capirona es una madera muy pesada, que presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es moderadamente estable (EXIMPORTSOLUTIONS, 2006).

2.5.6. Durabilidad

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

2.5.7. Utilidad

La capirona es una de las especies destaca por sus características favorables, coloración uniforme y facilidad de aserrio; 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, parqué, 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 política

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

3.2. Ubicación geográfica

En el (Cuadro 5) se encuentran las coordenadas UTM del sector de afilador, anexado con un mapa de su punto de ubicación.

Cuadro 5. Coordenadas UTM del sector de afilador (Figura 8).

Este	Norte	Altitud (m.s.n.m)
391656	8968387	6600

3.3. 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 áreas: "Área de tecnología y aprovechamiento de

la madera” y en el Área de laboratorio “Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la FRNR”.

3.4. 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).

3.5. Características climáticas

Temperatura máxima	: 29,3 ° C
Temperatura mínima	: 19,5° C
Temperatura promedio anual	: 24,2° C
Precipitación promedio anual	: 3300 mm
Humedad relativa	: 80%

Fuente: Estación meteorológica y climatológica “José Abelardo Quiñónez”(2009).

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Material biológico

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

3.6.2. Material de campo

Motosierra, wincha de 30 metros, cinta diamétrica, soga de 50 metros, machetes, sierra disco, garlopa eléctrica, calibradora de espesor, formones, plumones indelebles, libreta de apuntes.

3.6.3. Material de laboratorio

Balanza digital con precisión de 0,01g; balanza digital con precisión de 0,1g; micrómetro digital de 0,001 mm; calibrador digital de 0,01 mm; estufa eléctrica, hornilla eléctrica, soporte universal, pinza de metal, desecador, parafinas, punzón, recipiente descartable, agua destilada, formularios.

3.6.4. Equipos de campo

Equipos para escalar árboles, GPS, cámara fotográfica.

3.7. Metodología

La metodología ejecutada en la presente tesis, estuvo regida en base a la regla de la Norma Técnica Peruana (NTP) de números 251.008 en colección de árboles, 251.009 en preparación de probetas, 251.010 en la determinación del contenido de humedad, 251.011 en la determinación de la densidad y la 251.012 en la determinación de las contracciones. Siguiendo un flujograma de procedimientos (Figura 7).

3.7.1. Colección de muestras

Se coleccionaron cinco (05) árboles de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman "Capirona" de 16 años de edad, en una plantación agroforestal de la zona de afilador (margen derecho), vía

Tingo Maria – Huánuco, a los cuales se midió los diámetros a la altura del pecho (dap) y se ubicó sus orientaciones norte y sur de cada uno de ellos. Esta fase se realizó siguiendo la metodología según norma NTP 251. 008 (Cuadro 15 y Figura 9).

3.7.2. Talado, trozado y aserrío primario

Para el tumbado (talado), trozado y aserrío primario 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 árbol, winchas para dimensionar los árboles (altura comercial y total).

Posterior al tumbado de los árboles se procedió al trozado tomando solamente la parte comercial de ellos, donde se saco por árbol tres (3) trozas de medio metro de longitud aproximadamente (parte base, media y ápice) para luego cada troza transfórmalo en tablones con dos tapas laterales de la parte céntrica (de orientación norte y sur) (Figura 10).

3.7.3. Transporte

Las quince (15) muestras en total de los cinco (5) árboles fueron trasladadas al Área de tecnología y Aprovechamiento de la Madera de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para su posterior transformación en probetas.

3.7.4. Obtención de probetas

Del tablón (muestra) obtuvimos las viguetas para luego tener probetas con dimensiones de 3 cm x 3 cm x 10 cm por cada troza respetando

su dirección y orientación, tal como se establece la norma NTP 251.009. Cada probeta fue codificada con un plumón indeleble, para después llevarlos al laboratorio para su análisis correspondiente. Estas se codificaron de la siguiente manera: 1BN1, 1BS1, 1MN1, 1MS1, 1AN1, 1AS1; haciendo las repeticiones verticales y horizontales de cada una de ellas (Figura 11).

Donde: **1BN1**: Árbol uno, parte Base, orientación Norte uno.

1BS1: Árbol uno, parte Base, orientación Sur uno.

1MN1: Árbol uno, parte Media, orientación Norte uno.

1MS1: Árbol uno, parte Media, orientación Sur uno.

1AN1: Árbol uno, parte Ápice, orientación Norte uno.

1AS1: Árbol uno, parte Ápice, orientación Sur uno.

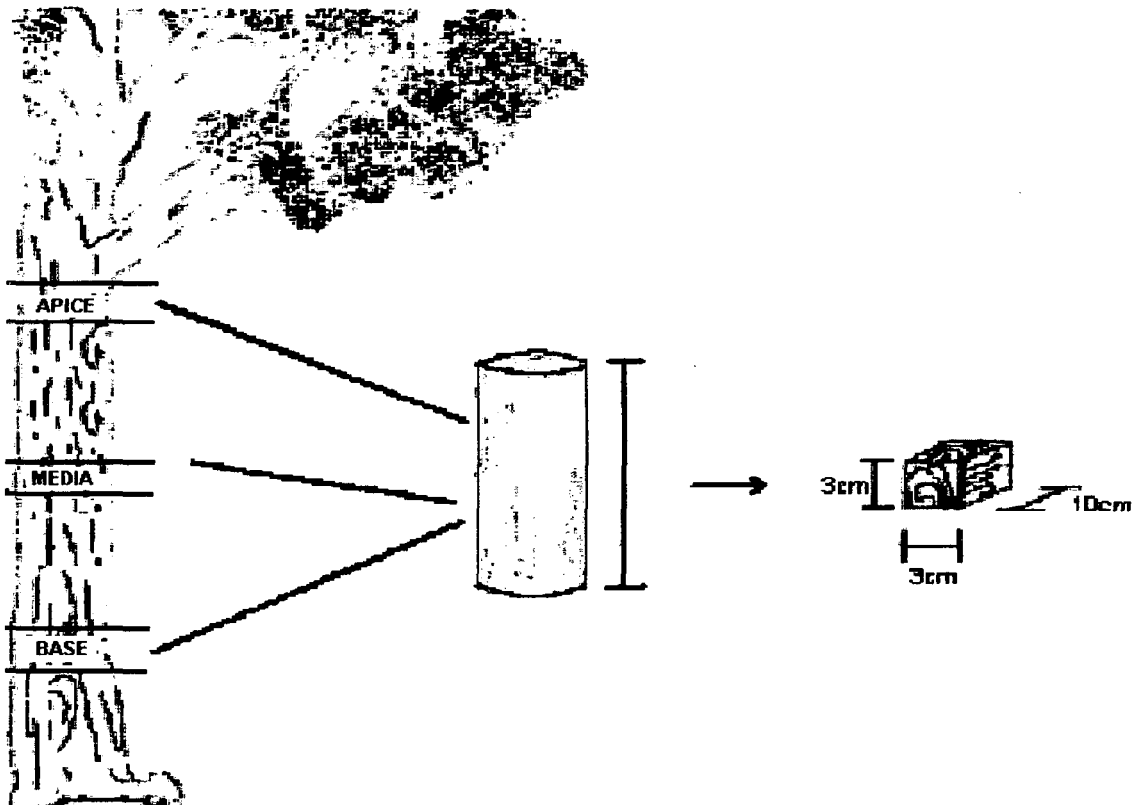


Figura 1. Diagrama de obtención de las probetas en los árboles.

3.8. Determinación de las características físicas

Para los ensayos físicos se empleó la Norma Técnica Peruana (NTP).

3.8.1. Contenido de humedad

La determinación de esta propiedad se realizó siguiendo la norma NTP 251.010 con probetas de 3 x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud, se utilizaron 58 y 291 probetas, en promedio por árbol y total de los cinco (5) árboles, respectivamente (Cuadro 16).

Se calculó el contenido de humedad con la siguiente fórmula.

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

Donde:

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

ph = Peso húmedo (g).

psh = Peso seco al horno (g).

3.8.1.1. Método

Para la determinación del contenido de humedad (CH); se pesaron cada una de las probetas en estado húmedo para obtener el peso húmedo (ph), expresado en gramos y luego se colocaron en la estufa, seguidamente se aplicó un calentamiento gradual por cada 20 horas como mínimo de 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80, 90° y finalmente a 103 ± 2 °C, después se retiraron las probetas de la estufa y se dejaron enfriar en el desecador por

un espacio de 10 minutos, luego se pesaron; una vez que se pesó se introdujo nuevamente al horno por una hora; repitiendo este proceso hasta obtener un peso constante o peso seco al horno (psh).

3.8.2. Densidad básica

La determinación de esta propiedad se realizó siguiendo la norma NTP 251.011 con probetas de 3 x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud, se utilizaron 58 y 291 probetas, en promedio por árbol y total de los cinco (5) árboles, respectivamente.

La densidad se determinó con la siguiente fórmula.

$$DB = \frac{psh}{vh}$$

Donde:

DB = Densidad básica (g/cm³).

psh = Peso seco al horno (g).

vh = Volumen húmedo (cm³).

3.8.2.1. Método

En la determinación de la densidad básica (DB), para el volumen húmedo (vh) se determinó en forma indirecta, sumergiendo la probeta en un peso conocido de agua sin tocar el fondo del recipiente y se registra el incremento de peso correspondiente, que presenta el volumen desplazado por la probeta. Luego las probetas se colocaron en la estufa aplicando un

calentamiento gradual por cada 20 horas como mínimo de 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80, 90° y finalmente a 103 ± 2 °C; se retiraron las probetas de la estufa, se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. Se repitió el tratamiento hasta obtener el peso constante. En esta forma se consiguió el peso seco al horno (psh).

3.8.3. Determinación de contracción

A partir de las viguetas seleccionadas según la Norma NTP 251.012, se prepararon las probetas de 3 x 3 cm de sección transversal y de 10 cm de longitud. Fueron preparados de tal manera que dos de sus caras paralelas entre si sean superficies tangenciales a los anillos de crecimiento, y las otra dos caras resultaron en dirección paralela a los radios, con el eje longitudinal de la probeta paralela a la dirección de las fibras. Se utilizaron 58 y 291 probetas, en promedio por árbol y total de los cinco (5) árboles, respectivamente (Figura 16).

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

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

Donde:

CTgT = Contracción tangencial total (%).

dth = Dimensión tangencial humedad (mm).

dtsh = Dimensión tangencial seca al horno (mm).

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

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

Donde:

CRdT = Contracción radial total (%).

drh = Dimensión radial húmeda (mm).

drsh = Dimensión radial seca al horno (mm).

La contracción longitudinal se determinó mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

CLnT = Contracción longitudinal total (%).

dlh = Dimensión longitudinal húmeda (mm).

dlsh = Dimensión longitudinal seca al horno (mm).

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

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

Donde:

CVoT = Contracción volumétrica total (%).

vh = Volumen húmedo (cm³).

vsh = Volumen seco al horno (cm³).

3.8.3.1. Método

Para determinación de la contracción se siguió la Norma NTP 251.012, se identificaron y se marcaron las caras tangenciales, radiales inmediatamente después de preparado las probetas se midieron en los puntos centrales de cada dirección (Tg, Rd y Ln), luego se secaron las probetas en la estufa aplicando un calentamiento gradual por cada 20 horas como mínimo de 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80, 90° y finalmente a 103 ± 2 °C; se retiraron las probetas de la estufa, se dejaron enfriar en el desecador y se volvieron a medir en sus tres direcciones.

3.9. Análisis estadístico

Se utilizó el programa SPSS 13, estableciendo para el análisis los datos de los tipos de muestra con respecto a las propiedades físicas, un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con tres niveles y cinco bloques, donde los niveles son las tres trozas obtenidas a diferentes alturas del fuste (parte base, media y ápice) y los bloques son las cinco árboles evaluados de la especie *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman "Capirona".

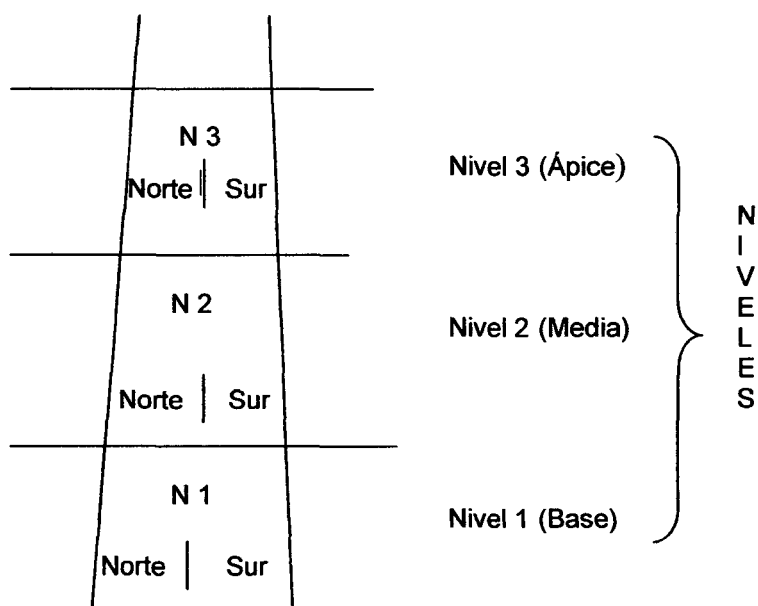


Figura 2. Esquema de los factores evaluados en un árbol.

3.9.1. Análisis de varianza

Cuadro 6. Análisis de variancia (ANVA).

FV	GL
Tratamientos (niveles del fuste)	2
Bloques (árboles)	4
Error	8
Total	14

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

El diseño está representado por el siguiente modelo estadístico:

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

Para:

i = 1, 2, 3, 4,5 bloques (árboles)

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

Donde:

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

μ = Media general.

β_i = Efecto del i – ésimo nivel del bloque

α_j = Efecto del j -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error aleatorio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo tienen que ver exclusivamente con las características físicas de la madera del *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman. "Capirona", donde se utilizó las variables de densidad básica, contenido de humedad y las contracciones (Tg, Rd, Ln, Vo). Los datos obtenidos de los cinco (5) árboles en el laboratorio fueron adecuadamente tabulados para luego ser sometidos a los análisis de variancia (ANVA) y a las pruebas de comparación de promedios según DUNCAN, con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), evaluando los niveles del fuste y los árboles.

4.1. Contenido de humedad

En el (Cuadro 7) del análisis de variancia del contenido de humedad, se encontraron diferencias estadísticas, con significancias de 22,288 y 7,862; para los niveles del fuste y los árboles, respectivamente, así mismo se encontró un coeficiente de variación (CV) de 3,125 % y un promedio total de 70,715 %.

Cuadro 7. Análisis de variancia del contenido de humedad (%) en los niveles del fuste y en los árboles.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}
Niveles	2	217,756	108,878	* 22,288
Árboles	4	153,631	38,408	* 7,862
Error	8	39,080	4,885	
Total	14	410,467		

CV (%) = 3,125

Promedio total (%) = 70,715

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

NS = No significativo

En el (Cuadro 8 y Figura 3) de la prueba de comparación de promedios de DUNCAN, encontramos que entre los niveles del fuste, 3 y 2 presentan similar comportamiento, pero a la vez son diferentes con el nivel 1, comprobando la significancia del ANVA (Cuadro 7).

Así mismo se observa que el contenido de humedad en los niveles es ascendente desde la parte basal hasta el ápice, hay menor contenido de humedad en la parte basal (65,363), siguiéndole las parte media (72,853) y la parte del ápice (73,929) con un mayor contenido de humedad. A lo que (KOLLMANN 1970) menciona 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.

Cuadro 8. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha= 0,05$) para los promedios del contenido de humedad por cada nivel del fuste.

OM	Niveles	Promedios (%)	Significación
1	Nivel 3 (Base)	73,929	a
2	Nivel 2 (Media)	72,853	a
3	Nivel 1 (Ápice)	65,363	b

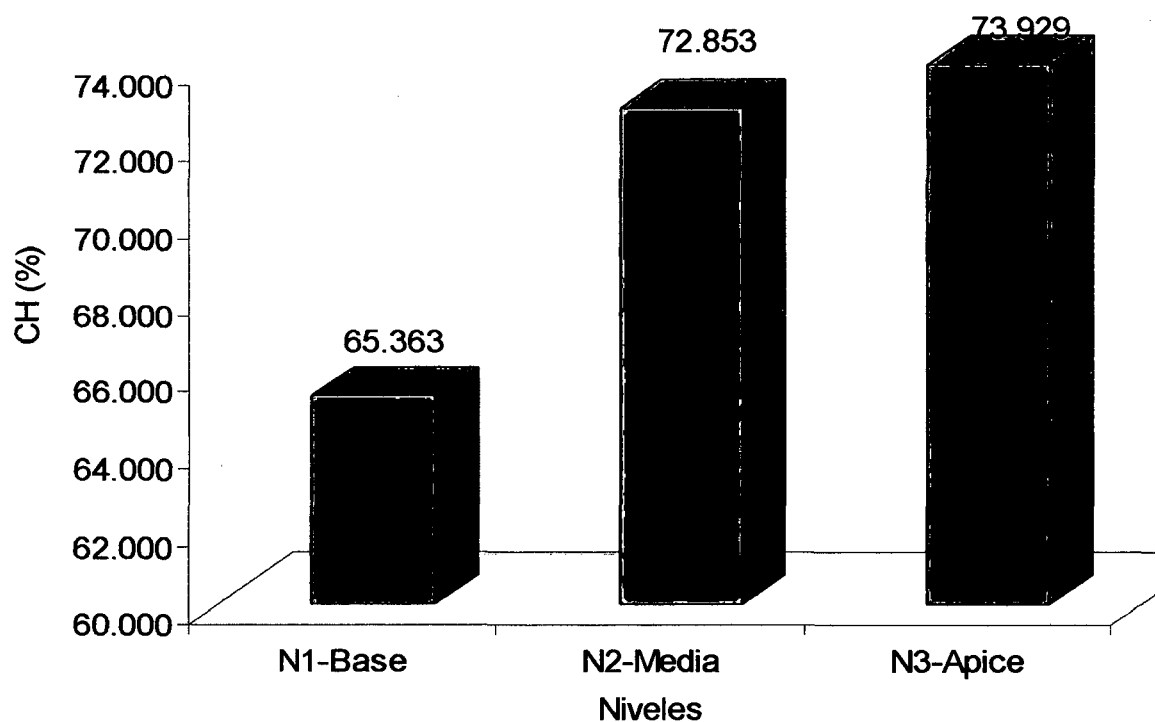


Figura 3. Promedios del contenido de humedad (%) por cada nivel del fuste.

4.2. Densidad básica

En el (Cuadro 9) del análisis de variancia de la densidad básica, se encontraron diferencias estadísticas, con significancias de 22,791 y 15,566; para los niveles del fuste y los árboles, respectivamente, así mismo se encontró un coeficiente de variación (CV) de 1,376 % y un promedio total de 0,653 %.

El promedio total de la densidad básica es de 0,653 g/cm³, diferenciando con la FAO (2002) que da una densidad básica para esta especie (*Calycophyllum spruceanum*) de 0,76 g/cm³, en cuanto a la clasificación de la densidad básica según VIZCARRA (1998) pertenece al grupo IV de clasificación "Alta" de acuerdo al (Cuadro 2), donde en este grupo encontramos características tecnológicas de textura fina, propiedades de contracción de regular a mala, durabilidad natural de regular a mala, resistencia mecánica alta, etc, de acuerdo a estas características (ALVAREZ Y FERNANDEZ, 1992) nos mencionan que las especies relativamente densas son duras y fuertes, debido a que contienen gran parte de sustancias (lignina, taninos, resinas, sílice, etc.) en la pared celular, coincidiendo con lo que dice ANANÍAS (1992) que 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 (cortar, cepillar, moldurar, etc).

crece, la densidad también crece, donde (KOLLMANN 1970) nos indica que el agua contenido en el árbol varía según la altura y el radio del tronco.

Cuadro 10. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha= 0,05$) para los promedios de la densidad básica por cada nivel del fuste.

OM	Niveles	Promedios (%)	Significación
1	Nivel 1 (Base)	0,675	a
2	Nivel 2 (Media)	0,645	b
3	Nivel 3 (Ápice)	0,639	b

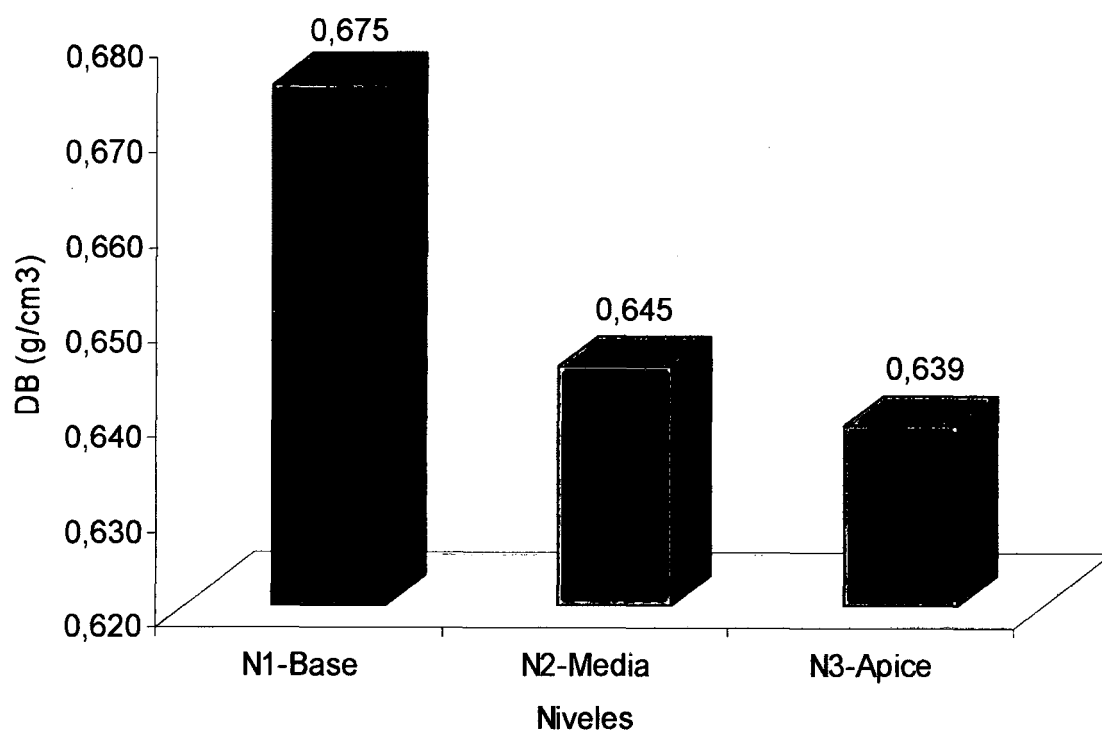


Figura 4. Promedios de la densidad básica (g/cm^3) por cada nivel del fuste.

Cuadro 9. Análisis de variancia de la densidad básica (g/cm^3) en los niveles del fuste y en los árboles.

FV	GL	SC	CM	F_{cal}
Niveles	2	0,004	0,002	* 22,791
Árboles	4	0,005	0,001	* 15,566
Error	8	0,001	0,000	
Total	14	0,009		

CV (%) = 1,376

Promedio total (g/cm^3) = 0,653

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

NS = No significativo

En el (Cuadro 10 y Figura 4) de la prueba de comparación de promedios de DUNCAN, encontramos que entre los niveles del fuste, 3 y 2 presentan similar comportamiento, pero a la vez son diferentes con el nivel 1, comprobando la significancia del ANVA (Cuadro 9).

Así mismo también se observa que la densidad básica en los niveles del fuste es descendente desde la parte basal hasta el ápice, hay mayor densidad básica en la parte basal ($0,675 \text{ g/cm}^3$), siguiéndole las parte media ($0,645 \text{ g/cm}^3$) y la parte del ápice ($0,639 \text{ g/cm}^3$) con menor densidad básica, ANANÍAS (1992), (CUEVAS, 2003), (COORPORACION CHILENA DE LA MADERA, 2003) y GRIGORIEV (1985) nos afirman que 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, es decir, cuando la humedad

4.3. Contracciones (Tg, Rd, Ln, Vo)

En el (Cuadro 11) del análisis de variancia de las contracciones, (Tg, Rd, Ln, Vo), se encontraron diferencias estadísticas, con significancias entre la los niveles del fuste y entre los árboles, de 8,171 y 7,588 para la Tg; de 4,327 y 9,667 para la Ln y de 6,617 y 4,35 para la Vo, respectivamente, así mismo los coeficientes de variación (CV) encontrados para las cuatro contracciones fueron de 2,856 % (Tg); 8,459 % (Rd); 12,892 % (Ln); y 5,162 % (Vo).

En los promedios totales de las contracciones, Tg 7,732 %, Rd 3,859 %, Ln 0,340 % y la Vo de 10,720 % (suma de las tres contracciones lineales), respecto a esta última contracción, obtiene una clasificación de "Baja" según VIZCARRA (1998) (Cuadro 3), la FAO (2002) nos afirma las contracciones para esta especie son, Tg 9,00 %, radial 5,00 % y volumétrica 15,00 %, para esto efecto de variación AROSTEGUI (1982) menciona como factores a la humedad y la anisotropía, KOLLMAN (1959), DANJOY (1972) y TUSSET y DURAN (1979) afirman al CH como la propiedad mas influyente en las variaciones de las propiedades físicas, influyendo en el peso y afectando a otras propiedades como la contracción, durabilidad, etc, así mismo PANSHIN y De ZEEUW (1981) y GUZMAN (mencionado por FACHIN, 1986) mencionan que la variabilidad de la madera está influenciada por 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, mientras que TUSSET y DURAN (1979) agrega a los factores externos, como el clima, la edafología y la silvicultura.

Cuadro 11. Análisis de variancia de las contracciones (%) Tg, Rd, Ln y Vo, en los niveles del fuste y en los árboles.

FV	GL	SC				CM				F _{cal}							
		Tg	Rd	Ln	Vo	Tg	Rd	Ln	Vo	Tg	Rd	Ln	Vo				
Niveles	2	3,723	0,026	0,017	4,053	1,861	0,013	0,008	2,026	*	8,171	NS	0,123	*	4,327	*	6,617
Árboles	4	3,431	1,194	0,075	5,328	0,858	0,299	0,019	1,332	*	7,588	NS	2,801	*	9,667	*	4,35
Error	8	0,39	0,853	0,016	2,450	0,049	0,107	0,002	0,306								
Total	14	7,544	2,073	0,108	11,830												

CV (%) = 2,856 (Tg); 8,459 (Rd); -12,892 (Ln); 5,162 (Vo)

Promedio total (%) = 7,732 (Tg); 3,859 (Rd); 0,340 (Ln); 10,720 (Vo)

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

NS = No significativo

En el (Cuadro 12 y Figura 5) de la prueba de comparación de promedios de DUNCAN, para las contracciones Tg, Rd, Ln y Vo, encontramos que en la Tg los tres niveles son diferente entre si, para la Rd no se encontraron diferencias entre los niveles, en la Ln y Vo (iguales en variaciones de significancia) encontramos diferencias entre los tres niveles.

Así mismo, encontramos diferencias de descendencia en las contracciones, Tg, Rd y Ln para cada nivel y niveles, de 8,400 %; 3,918 % y 0,372 % en la parte basal 7,591%; 3,833 % y 0,354 % en la parte media y 7,205 %; 3,827 % y 0,294 % en la parte del ápice, respectivamente. En la contracción volumétrica (suma de las tres contracciones lineales) sigue el mismo comportamiento de descendencia que sigue desde la parte basal, media y ápice de 11,390 %, 10,648 % y 10,123 %, respectivamente, a lo que (DÍAZ, 2005) considera 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, mientras que GUZMAN (mencionado por FACHIN, 1986) afirma 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.

Cuadro 12. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha= 0,05$) para los promedios de las contracciones (Tg, Rd, Ln, Vo) por cada nivel del fuste.

OM	Niveles	Promedios (%)				Significación			
		Tg	Rd	Ln	Vo	Tg	Rd	Ln	Vo
1	N1 (Base)	8,400	3,918	0,372	11,390	a	a	a	a
2	N2 (Media)	7,591	3,833	0,354	10,648	b	a	ab	ab
3	N3 (Ápice)	7,205	3,827	0,294	10,123	c	a	b	b

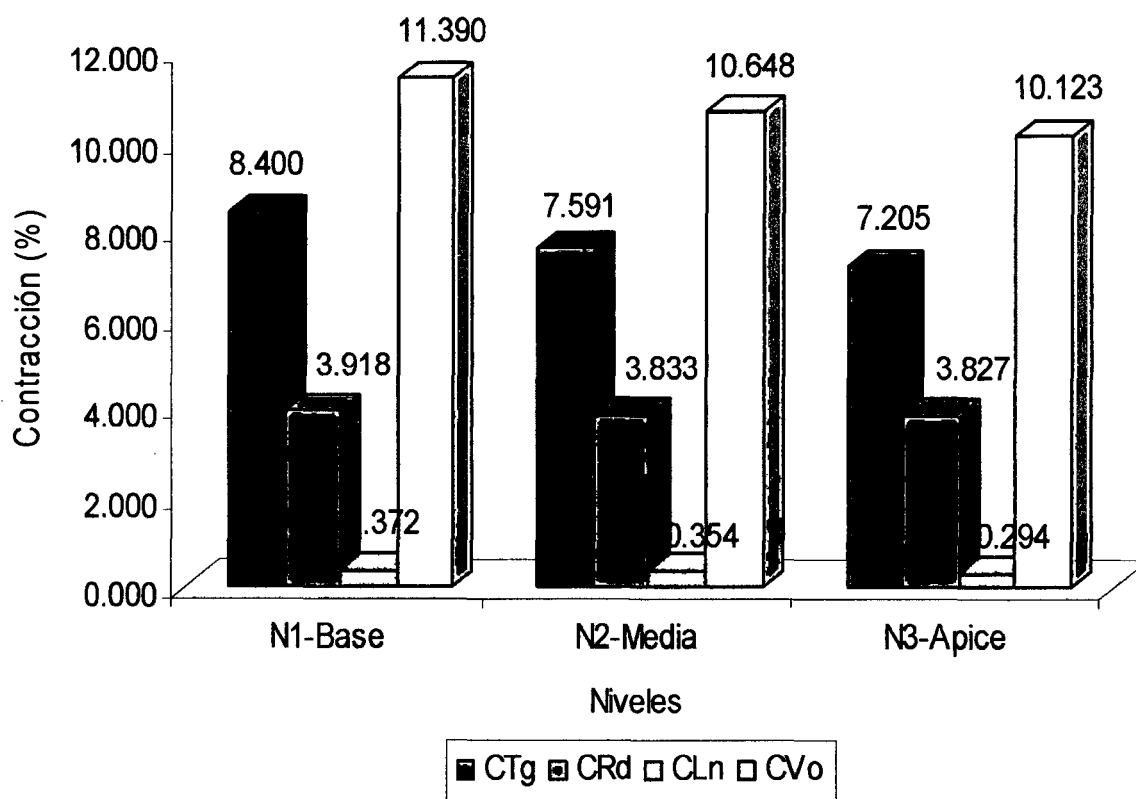


Figura 5. Promedios de las contracciones (%) Tg, Rd, Ln y Vo por cada nivel.

Evaluando las diferencias en las contracciones (Tg y Rd) para cada nivel y sus promedios totales de cada una de ellas, tomando como referencia de comparación la contracción Rd, encontramos que en la parte de la base (nivel 1) la Tg es 2,23 veces mayor que la Rd, en la parte media (nivel 2) la Tg es 2,04 veces mayor que la Rd y en la parte del ápice (nivel 3) la Tg es 1,911 veces mayor que la Rd, en el promedio general de las tres contracciones, la Tg es 2,059 veces mayor que la Rd, coincidiendo con lo que afirma ANANÍAS (1992) que la contracción Tg es 1,5 a 3 veces mayor que la contracción Rd y la contracción Ln es normalmente despreciable en la madera y cierta coincidencia de lo que menciona (DÍAZ, 2005) en que la contracción tangencial es mayor que la contracción radial. 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.

4.4. Relación Tg/ Rd

En el (Cuadro 13) del análisis de variancia de la relación Tg/Rd, se encontraron diferencias estadísticas, con significancias de 6,435 y 6,694; para los niveles del fuste y los árboles, respectivamente, así mismo se encontró un coeficiente de variación (CV) de 6,882 % y un promedio total de 2,059.

Cuadro 13. Análisis de variancia de la relación Tg/Rd en los niveles del fuste y en los árboles.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}
Niveles	2	0,258	0,129	* 6,435
Árboles	4	0,538	0,134	* 6,694
Error	8	0,161	0,020	
Total	14	0,957		

CV (%) = 6,882

Promedio total = 2,059

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

NS = No significativo

En el (Cuadro 14 y Figura 6) de la prueba de comparación de promedios de DUNCAN, encontramos que entre los niveles del fuste, 1 y 3 son diferentes y el nivel 2 es dependiente de los demás niveles, comprobando la significancia del ANVA (Cuadro 9).

Así mismo en esta relación Tg/Rd, se observa una variación de descendencia en los niveles (parte base, media y ápice) de 2,230; 2,035 y 1,911 respectivamente y en el promedio total de 2,059, diferenciando en este último con lo que menciona la FAO (2002) para esta especie (*Calycophyllum spruceanum*) que la relación Tg/Rd es de 1,80, según VIZCARRA (1998) (cuadro 4) en la clasificación y estabilidad para la relación Tg/Rd, respecto al nivel 3 (ápice) tiene clasificación "Baja" y estabilidad "Estable", en los niveles 1, 2 (base y media) y el promedio total tienen clasificación "Mediana" y

estabilidad “ Mod. Estable”, con estos rangos la madera de esta especie (*Calycophyllum spruceanum*) no tendrá mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento en el proceso de secado de la madera, como la menciona (OLIVEIRA y SILVA, 2003) de la relación Tg/Rd, que generalmente varía de 1,5 a 2,5 tornándose en un índice muy importante en los estudios de contracción de maderas ya que entre mayor sea esa relación, mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado, difiriendo con lo que dice KOLLMANN (1595) que la relación Tg/Rd es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación Tg/Rd se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado, (VIGNOTE, 2000) tomo como punto de partida a la deformación el rango mayor a 2, donde puede presentar elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería, ANANÍAS (1992) nos dice mientras mayor es la relación Tg/Rd las maderas son más nerviosas.

Cuadro 14. Prueba de significación de DUNCAN ($\alpha= 0,05$) para los promedios de la relación \bar{Tg}/\bar{Rd} por cada nivel del fuste.

OM	Niveles	Promedio	Significación
1	Nivel 1 (Base)	2,230	a
2	Nivel 2 (Media)	2,035	ab
3	Nivel 3 (Ápice)	1,911	b

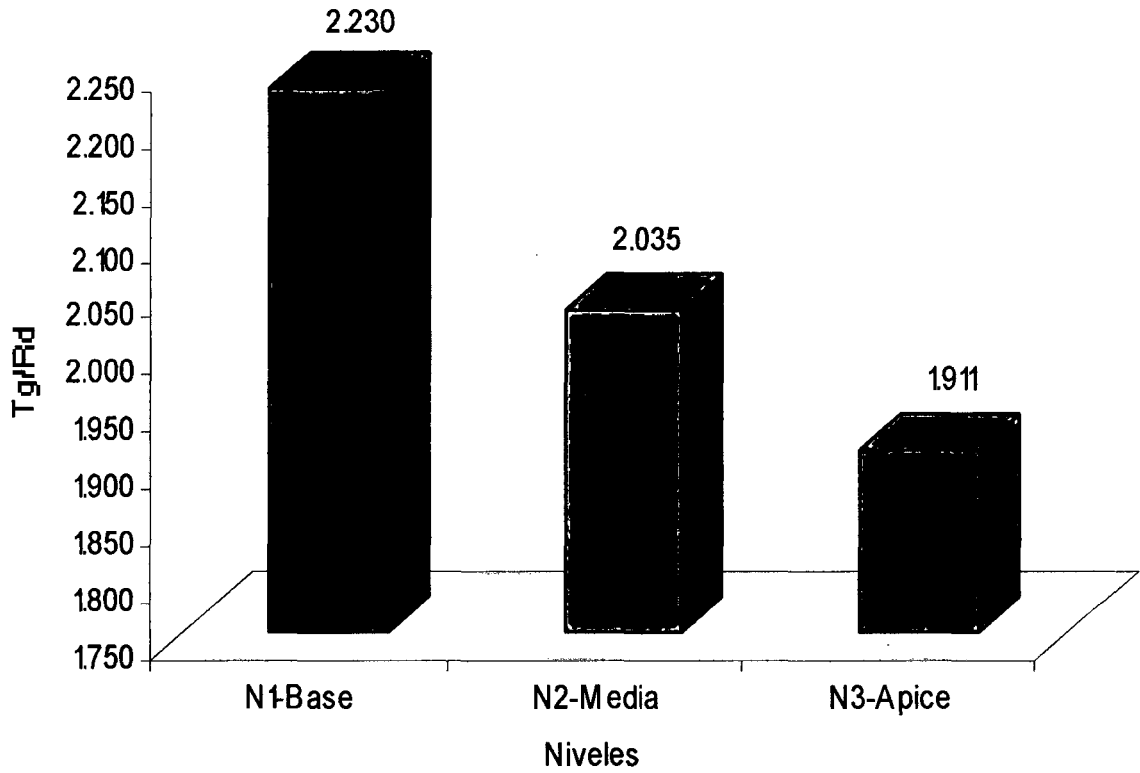


Figura 6. Promedios de la relación Tg/Rd por cada nivel del fuste.

V. CONCLUSIONES

1. El promedio total del contenido de humedad encontrando en el *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman "Capirona" fue de 70,715 %, encontrándose diferencias estadísticas significativa entre los niveles, siendo el nivel 3 (73,928 %) que mayor porcentaje promedio alcanzo.
2. El promedio total de la densidad básica encontrado para esta especie del *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman "Capirona" fue de 0,653 g/cm³, encontrándose deferencias estadísticas significativas entre los niveles, siendo el primer nivel (0,675 g/cm³) que mayor densidad básica obtuvo.
3. Los promedios totales encontrados para las contracciones Tg, Rd, Ln y Vo en la especie del *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman "Capirona" fueron de 7,732 %; 3,859 %; 0,340 % y 10,720 %, respectivamente; encontrando diferencia significativa en la contracción Tg y significancias estadísticas entre los niveles del fuste de las cuatro contracciones menos de la contracción Rd. En la relación tangencial/radial el promedio total es de 2,059.

VI. RECOMENDACIONES

- 1. Realizar trabajos similares en diferentes especies forestales de selva baja y alta, a fin de poder generar una base de datos, así mismo los trabajos de investigación a nivel de universidades deben ser considerados como aporte a los estudios de la tecnología de maderas tropicales.**
- 2. Las técnicas y procedimientos del manejo de bosques deben incluir estudios tecnológicos de las especies, sobre todo si se tiene como fin el aprovechamiento industrial. Esto permitirá conocer su evolución tecnológica, con la posibilidad de analizar sus resultados conjuntamente con el crecimiento volumétrico y fijar turnos apropiados para optimizar el aprovechamiento del bosque.**
- 3. Difundir toda información o estudio tecnológico, por lo menos a nivel nacional para dar impulso y conocimiento de maderas de nuestra Amazonia al mercado; así evitar la extracción selectiva de algunas especies.**
- 4. Promocionar la "Capirona" 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, últimamente en la fabricaron de muebles.**

VII. ABSTRACT

This work was carried out at the National Agrarian University of the jungle, through the School of Renewable Natural Resources, Area Technology and timber harvesting in the city of Tingo Maria; to determine the physical characteristics of the *Calycophyllum spruceanum* species, commonly called the "Capirona". The statistical analysis used the SPSS 13 program, providing data for the evaluation of the types of sample with respect to physical properties, a design in randomized complete block (DBCA), with five blocks and three levels, where the blocks are five levels are trees and logs obtained from three sections of the bole (part base, middle and apex). Applying the Peruvian Technical Standards (NTP). The results are averages Total: 70.715% moisture content, basic density 0.653 g/cm³, tangential shrinkage 7.732%, 3.859% radial contraction, longitudinal contraction 0.340% 10.720% by volume contraction and the tangential / radial 2.059.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, H. y FERNÁNDEZ – GOLFÍN, J. 1992. Fundamentos Teóricos del Secado de la Madera. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid (España). 240 p.
- ANANÍAS, R. 1992. Física de la Madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41 p.
- ANANIAS, R. A. y GUTIÉRREZ, M. 1987. Water Diffusion in Wood. Actas VI Reunión sobre Investigación y Desarrollo en Productos Forestales, Universidad del Bio-Bio, Concepción. 8 p.
- AROSTEGUI, A. 1975. Características Tecnológicas y Uso de 145 Especies del País. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 483 p.
- AROSTEGUI, A. 1982. Recopilacion y Analisis de Estudio Tecnológico de Maderas Peruanas. Documento de trabajo N^o 2 PNUD/FAO 81/002. Lima – Peru. 57 p.
- ARROYO, J. 1983. Propiedades Fisico – Mecánicas de la madera, Universidad de los Andes. Merida – Venezuela. 186 p.
- BOYD, J.D. 1974. Anisotropic shrinkage of wood: Identification of the dominant determinants. 173 p.

- BRAVO E, M. 1993. Anatomía y Propiedades Físicas de *Pinus radiata* D. Don en diferentes edades. UNCP Huancayo – Perú. 43 p.
- BRAKO, L. y ZARUCCHI, J. 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden. 1286 p.
- CAMPOS, A., CUBILLOS, G., MORALES, F. y PASTENE, A. 1990. Propiedades y Usos de Especies Madereras de corta Rotación. Corporación de Fomento y Producción (CORFO). Chile. 87 p.
- CASTRO, F. 1972. Estudio Anatómico, Físico y Mecánico 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. 55 p.
- CUEVAS, E. 2003. Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera. Material de Apoyo en Propiedades Físicas y Mecánicas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 68 p.
- DANJOY, A. 1972. Comparativo Altitudinal sobre Propiedades Físico – Mecánicas de una Especie Mderable de Selva Alta. UNCP. Huancayo – Perú. 95 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.

- EXIMPORTSOLUTIONS.2006. Las características de la capirona [En línea]
:([http://www. eximportsolutions. com /Capirona.html/documento,27jul.2008](http://www.eximportsolutions.com/Capirona.html/documento,27jul.2008)).
- FACHIN, M. C. 1986. Estudio de las Propiedades Fisico – Mecanicas y su Variacion en el Tronco de la *Parkia velutina* R. Benth (pashaco curtidor), en los Bosques de la Plantacion de Jenaro Herrera. Tesis Iquitos – Perú. 98 p.
- FLORES, B. Y. 2002. Semillas de Especies Forestales de Importancia Económica en la Región Ucayali. Primera edición. INIA. Pucallpa, Perú. 81 p.
- FONT, P. 1978. Botánica Pintoresca. Biblioteca Hispánica. Editorial Sopena. Barcelona, España. 719 p.
- GONZALES, R. 1996. Secado de Madera. UNALM. Lima, Perú. 164 p.
- GRIGORIEV, M.1985. Estudio para Materiales para Ebanistas y Carpinteros. Editorial MIR MOSCU-URSS. Rusia. 240 p.
- HAYGREEN, J. y BOWYER, J. 1982. Forest Products and Wood Science. An Introducción Iowa – EUA. 495 p.
- HERMINIO, J. 2003. Producto Regular según Conceptos de Contracciones, Contenido de Humedad, Alabeos y Grietas. Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero en Madera. Valdivia, Chile. 85 p.

- ITINTEC. 1971. Maderas. Selección y Colección de Muestras. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.008 Lima Perú. 12 p.
- ITINTEC. 1971. Instituto Tecnológico Industrial de Normas Técnicas. Método de Determinación de Contenido de Humedad. Norma Técnica Peruana 251.010. Lima Perú. 2 p.
- ITINTEC. 1971. Maderas. Método de determinación de Densidad. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.011. Lima Perú. 7 p.
- ITINTEC. 1971. Maderas. Método de determinación de Contracción. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.012. Lima Perú. 7 p.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). 1984. Manual de Secado de las Maderas del Grupo Andino. Lima. 549 p.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). 1981. Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 20 Especies del Perú. PADT REFORT. Lima, Perú. 53 p.
- KOLLMANN, F. 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. 540 p.

- LAO, R. 1986. Descripción Dendrológica de 51 Especies Forestales. Asentamiento Rural Forestal Von Humboldt. Huánuco, Perú. 232 p.
- MOSTACERO, J., MEJIA, C. y GAMARRA, T. 2002. Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Vol 1. Ed. Normas Legales S.A.C. 667 p.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2002. Evaluación de la Capirona. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/AG/aGL/agll/rla128/inia/inia-p4/inia-p4-22.htm>, 25 Jun. 2008).
- OLIVEIRA, J. y SILVA, J. 2003 "Variaciãõ radial da retratibilidade de densidades básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm.". Revista *Árvore*, Vicosã-MG. 27(3):385 p.
- PASHIN, A. y DE ZEEUW, C. 1981. Textbook of Wood Technology. 4 th.Ed. Mc Graw-Hill, New York 6. 350 p.
- PÉREZ, V. 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 451 p.
- RODRÍGUEZ, F. y 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. 1984. Transport Processes in Wood. Springer Series. In Wood Science. Syracuse New York EUA. 245 p.

- SOLANO, O. 1998. Seminario Sobre Diseño Ingeniería y Proceso de Secado de Maderas Tropicales. Centro Nacional de la Madera, Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA". Medellín, Colombia. 45 p.
- SOUDRE, Z. 2004. Influencia de cuatro Factores de Crecimiento en la Variación de las Propiedades Físicas en la madera de *Cedrelinga cteniformis* Ducke (tornillo), de las Plantaciones Establecidas en el Bosque Alexander Von Humboldt, Ucayali. Tesis Ing. Forestal. Lima Peru, Universidad nacional agrarian la Molina. 53 p.
- TUSSET, R. y DURAN, F. 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. 277 p.
- VIZCARRA, S. 1998. Guía para el Secado de la Madera en Horno. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz, Bolivia. 64 p.

ANEXO

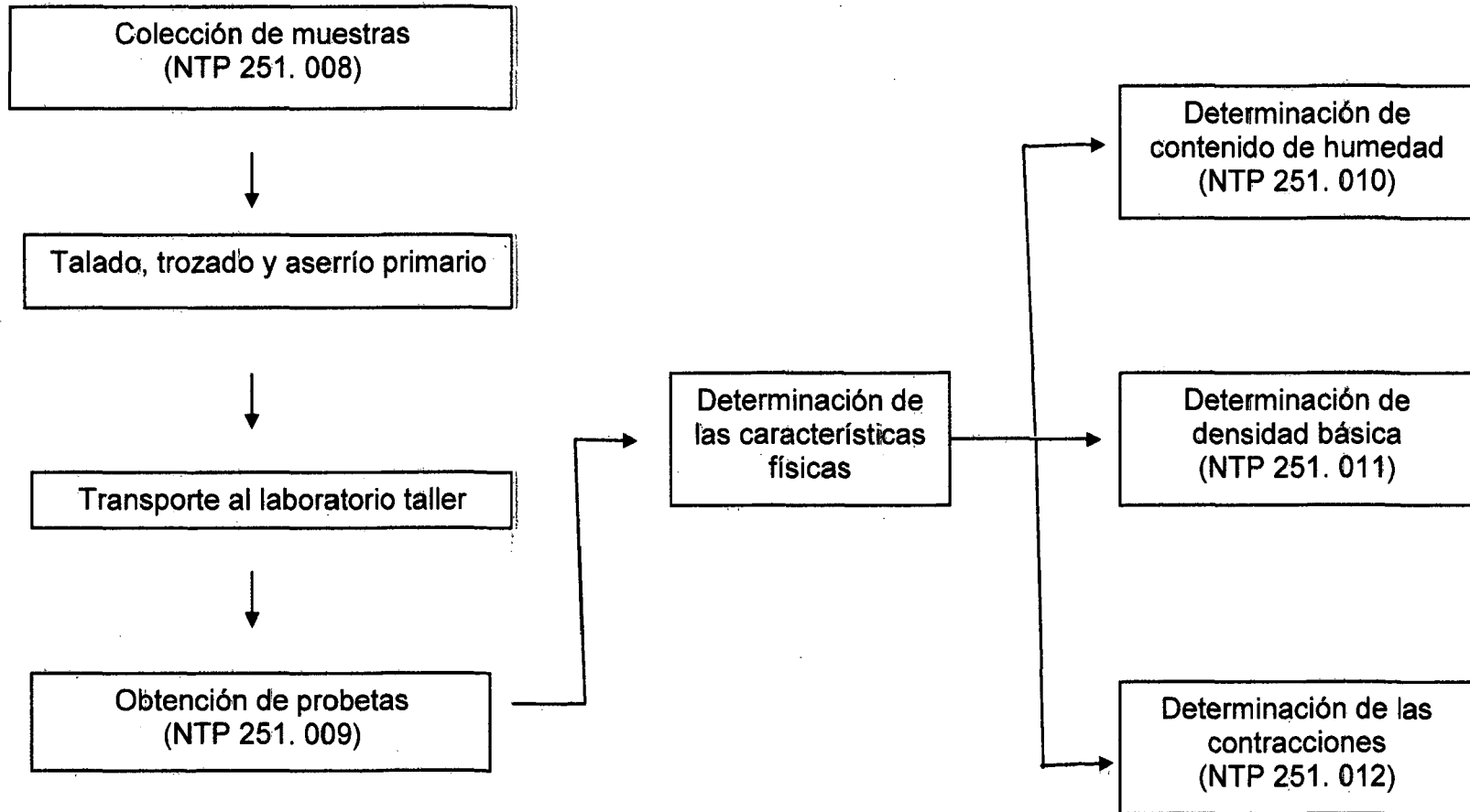


Figura 7. Flujograma del procedimiento de la determinación de las características físicas.

Cuadro 15. Datos externos de los cinco árboles evaluados

Nº Árboles	H. total (m)	H. fuste (m)	H. copa (m)	DAP (cm)
1	27,00	10,90	16,10	37,26
2	37,00	6,70	30,30	36,62
3	36,00	10,70	25,30	42,04
4	35,50	9,60	25,90	37,59
5	25,00	8,00	17,00	43,63

Cuadro 16. Ejemplo, de un cuadro de evaluación del CH (%) en el quinto árbol.

Niveles	R/M	N			S		
		1	2	3	1	2	3
BASE (N 1)	1	53,514	68,243	68,304	74,419	73,352	73,759
	2	67,676	67,255	65,075	69,994	71,188	70,328
	3	69,629	70,583	70,581	70,213	69,495	66,617
	4				59,986	61,885	65,980
MEDIO (N 1)	1	80,341	75,574	77,483	80,637	79,205	76,280
	2	70,220	74,756	72,940	87,251	86,578	87,002
	3	73,116	77,720	78,248	85,141	84,962	81,221
APICE (N 3)	1	76,477	84,262	83,104	73,681	77,097	73,906
	2	83,061	83,407	84,342	81,757	85,811	88,144
	3				78,288	79,954	78,230

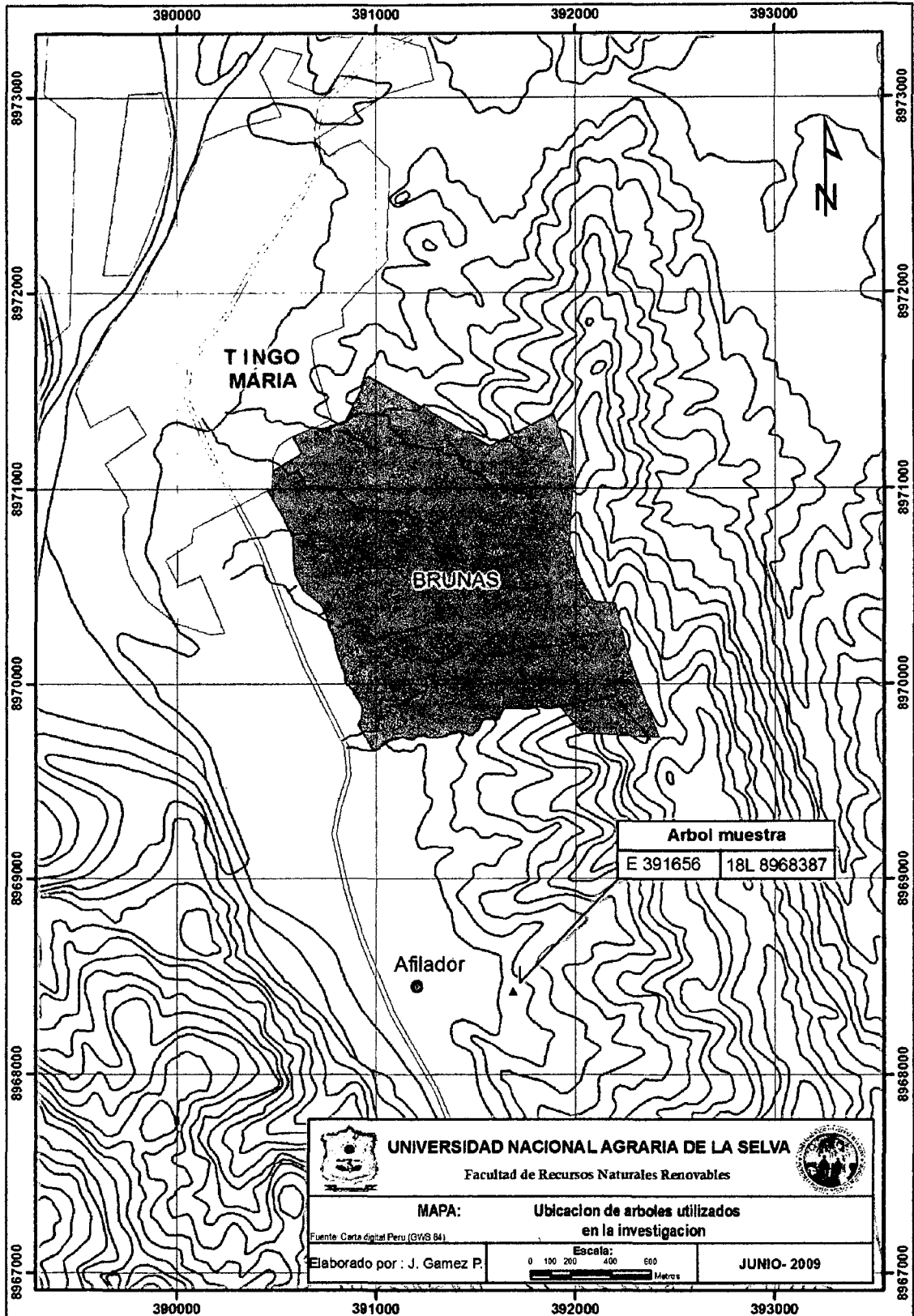


Figura 8. Mapa de ubicación de la zona en afilador.



Figura 9. Ubicación y colección de los árboles.



Figura 10. Trozado y aserrío primario en el campo.

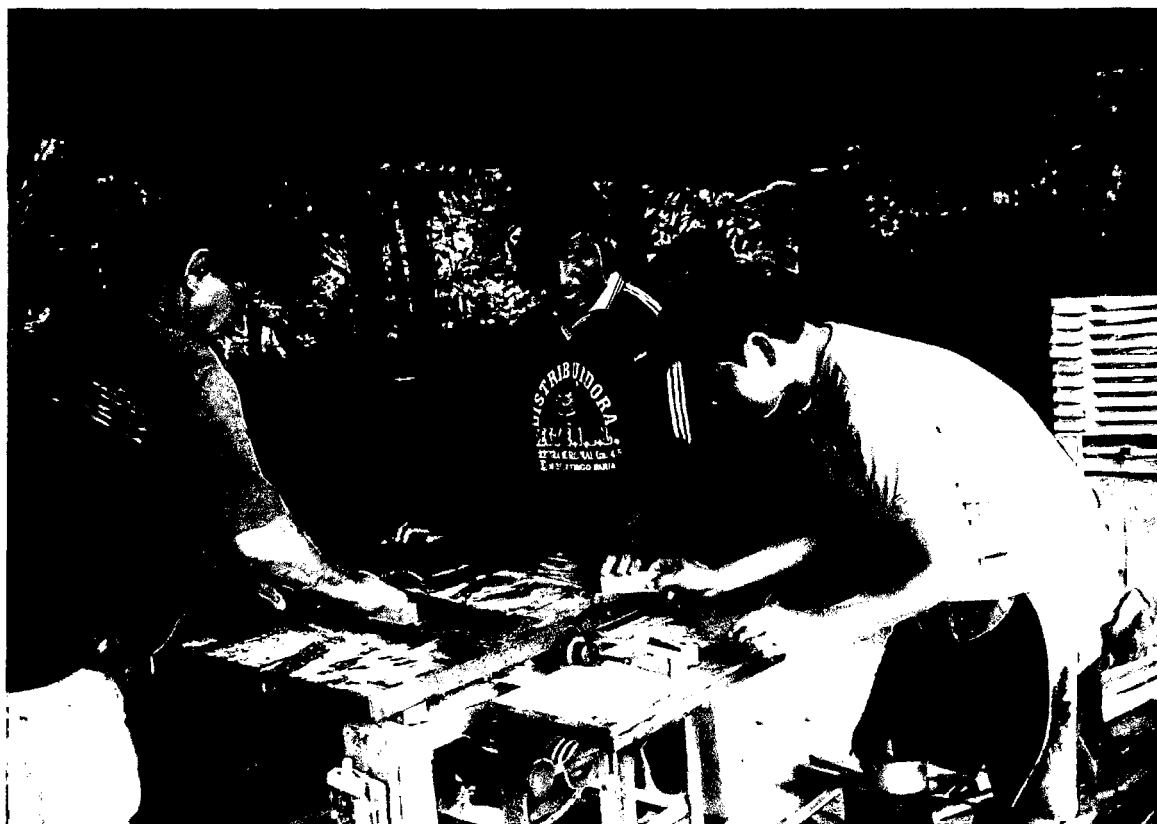


Figura 11. Obtención de probetas con sus códigos respectivos del primer árbol.



Figura 12. Medición de la contracción radial del tercer árbol.