

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

RESUMEN

Miller Díaz Ruiz^{1*}, Robert G. Pecho de la Cruz¹, David Guarda Sotelo²

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

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

Los resultados obtenidos, densidad básica de 0,640 g/cm³, contenido de humedad 68,72%, contracción longitudinal 0,208%, contracción radial 3,313%, contracción tangencial 6,561, contracción volumétrica 9,63% y la relación T/R 2,095%. Asimismo la densidad básica, como las demás propiedades resaltaron más en orientación sur.

Palabras clave: *Calycophyllum spruceanum*, propiedades físicas de la madera, cambio dimensional.

VARIATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES FROM *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex-Chuman (CAPIRONA) OF A PLANTATION OF EIGHT YEARS IN THE ZONE TINGO MARIA, PERU

The present research work was carried out at the Technological and Improved Wood Area, Natural Renewables Resources Faculty, Forestry National Agrarian University – Tingo Maria, with the purpose to determine the physical properties of a 8 year plantation of *Calycophyllum spruceanum*, common knew as capirona.

In order to determine the physical properties of the tree it was need to take account the north south orientation, to the stadistical analysis S.A.S program was used, establishing to the analysis the different samples with respect to the physical properties, bock complete ramdom design (BCRD) with sub-units of samples, with five blocks and four treatments, where the blocks were the trees and the logs the treatments (four) obtained each two meters from the base until the (stem shaff) whip, applied the Technicnological Research Institute norms ans the technical normas (ITINTEC).¹

¹Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria. Av. Univeritaria s/n. Km 1.5, ² Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agrária de la Selva, Tingo Maria. Av. Univeritaria s/n. Km 1.5*midiru@hotmail.com

Results obtained: basic density 0,640 g/cm³, humidity contain 68,72%, longitudinal contraction 0,208%, radial contraction 3,313%, tangencial contraction 6,561%, volumetric contraction 9,636% and relation T/R 2,095%. At the same time the basic density and the other properties resulted more with south orientation.

Keywords: *Calycophyllum spruceanum*, physical properties of the wood, dimensional change of the wood.

I. INTRODUCCIÓN

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

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

Por esta razón, es necesario resaltar la importancia de 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 propiedades físicas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman "capirona".

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Propiedades físicas de la madera

2.1.1. Densidad

ANANÍAS (1992) describe que la densidad de la madera expresa la relación entre la masa de los distintos tipos de elementos que forman la madera y el volumen que ellos ocupan. Como la madera es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la madera el volumen interno de espacios vacíos existentes.

2.1.1.1. Densidad básica de la madera

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

2.1.2. Contenido de humedad

PÉREZ (1983) y CUEVAS (2003) mencionan que en un árbol recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate. Las maderas livianas por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas.

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).

2.2. Variación de las Propiedades Físicas

Para KOLLMANN (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.

2.3. Influencia en la madera de los Factores Internos y Externos

PANSHIN y De ZEEUW (1980), han podido establecer que la variabilidad de la madera está influenciada por diversos factores internos tales como, cambios en el cambium con respecto a la edad, herencia genética que influye en la forma y crecimiento de los árboles, TUSSET y DURAN (1979) agrega que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

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

2.4.1.2. La higroscopicidad

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

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

2.4.1.3. 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. La contracción volumétrica total de una madera es la suma de sus tres contracciones y de acuerdo a ella las maderas se pueden clasificar así: contracción baja (0,35%), contracción moderada (0,36% - 0,55%), contracción alta (0,56% - 0,75%), contracción muy alta (0,76% - 1,00%)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

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

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

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

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

3.2.2. Material de campo

Libreta de apuntes, plumón indeleble, wincha de 30 m, machete, punzón, calibradora de espesor, garlopa eléctrica, motosierra, sierra disco.

3.2.3. Material de laboratorio

Balanza eléctrica con precisión de 0.01g., cera parafina, desecador, estufa eléctrica, hornilla eléctrica, micrómetro, punzón, soporte universal, vaso de precipitación, agua destilada, vernier digital.

3.2.4. Material de gabinete

Cámara fotográfica, formularios, computadora.

3.3. Metodología

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

3.3.1. Colección de muestras

Se coleccionaron cinco (05) árboles de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman “capirona”, en una plantación de 8 años de edad que se encontraron en la vía Tingo María – Huánuco en el campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), a los cuales se midió el diámetro a la altura del pecho (dap) y se determinó la orientación norte y sur de los árboles. Esta fase se realizó siguiendo la metodología según norma ITINTEC 251. 008.

3.3.2. Talado, trozado y aserrío primario

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

3.3.3. Transporte

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

3.3.4. Obtención de probetas

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

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

codificaron de la siguiente manera: 111N (Nivel uno, troza uno, probeta uno, Norte), 111S (Nivel uno, troza uno, probeta uno, Sur), 112N (Nivel dos, troza dos, probeta dos, Norte), 112S (112S: Nivel dos, troza dos, probeta dos, Sur), 113N, 113S... haciendo las repeticiones de cada una de ellas.

3.4. Determinación de las propiedades físicas

Para los ensayos físicos se emplearon Normas ITINTEC.

3.4.1. Contenido de humedad

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

Se calculo el contenido de humedad con la siguiente formula.

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

Donde:

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

Ph = Peso húmedo.

Psh = Peso seco al horno

3.4.1.1. Método

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

3.4.2. Densidad básica

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

La densidad se determinó con la siguiente formula.

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

Donde:

DB = Densidad básica.

Psh= Peso seco al horno.

Vh = Volumen húmedo.

3.4.2.1 Método

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

El volumen húmedo (VH) se determinó en forma indirecta, sumergiendo la probeta en un peso conocido de agua sin tocar el fondo del recipiente y se

registra el incremento de peso correspondiente, que presenta el volumen desplazado por la probeta. Luego las probetas se colocaron en la estufa aplicando un calentamiento gradual de 40°, 60°, 80° y 130 °C ± 2 °C manteniendo en esta temperatura por 24 horas; se retiraron las probetas de la estufa, se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. Se repitió el tratamiento hasta obtener el peso constante. En esta forma se consiguió el peso seco al horno (PSh).

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

3.4.3. Determinación de la contracción

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

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

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

Donde:

CTt = Contracción tangencial total.

Dth = Dimensión tangencial humedad.

Dtsh = Dimensión tangencial seca al horno.

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

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

Donde:

CRt = Contracción radial total.

Drh = Dimensión radial húmeda.

Drsh = Dimensión radial seca al horno.

La contracción longitudinal se determinó mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

CLt = Contracción longitudinal total.

Dlh = Dimensión longitudinal húmeda.

Dlsh = Dimensión longitudinal seca al horno.

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

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

Donde:

CVt = Contracción volumétrica total.

Vh = Volumen húmedo.
Vsh = Volumen seco al horno

3.4.3.1. Método

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

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

3.5. Análisis estadístico

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

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

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Densidad básica

En el Cuadro 1, se tiene los datos promedios de la densidad básica por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente.

Cuadro 1. Valores promedio de la densidad básica por tratamientos y Orientación norte y sur de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

TRATAMIENTOS (i)	ORIENTACIÓN		Prom.total
	N	S	
T-1	0,657	0,627	0,642
T-2	0,618	0,643	0,630
T-3	0,637	0,645	0,641
T-4	0,633	0,657	0,645
Prom. General	0,636	0,643	0,640

Como podemos apreciar en el Cuadro 2, no hay diferencia estadística en los tratamientos en lo que a densidad básica se refiere, lo cual nos demuestra que los tratamientos son iguales estadísticamente.

Cuadro 2. Prueba de significación de DUNCAN de los tratamientos del análisis combinado en la densidad básica.

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

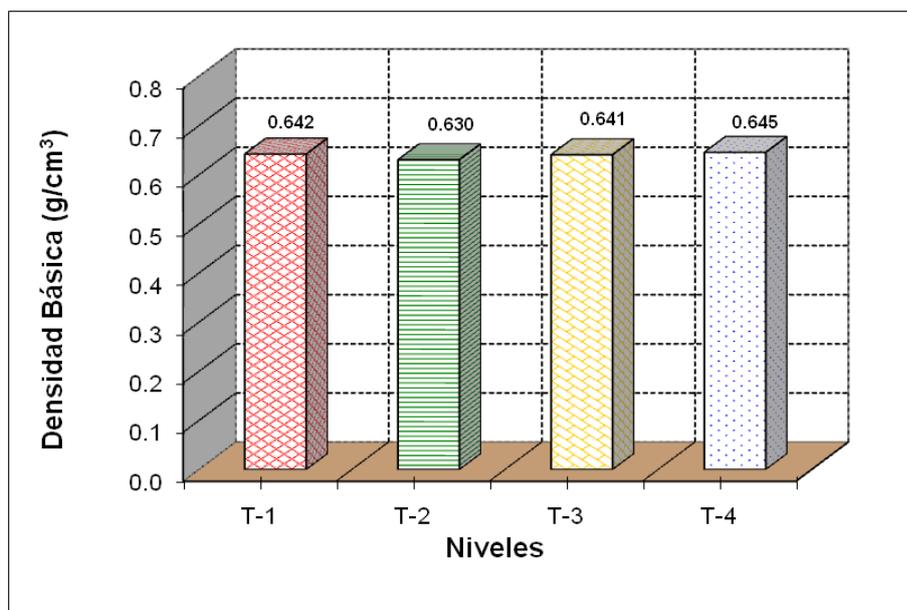


Figura 1. Densidad básica promedio de los niveles o tratamientos de las 5 especies de *Calycophyllum spruceanum*.

Según los resultados promedios del análisis combinado de la densidad básica no hay diferencia estadística como se aprecia en el Cuadro 2 cuando se realiza la prueba de DUNCAN.

Como observamos en la Figura 1 dentro de los tratamientos, vemos que el valor promedio mayor se da en el tratamiento o nivel 4 el cual solo llega al 0,645 g/cm³, el tratamiento 3 es 0,641 g/cm³, el tratamiento 2 el menor valor que es 0,630 g/cm³ y el tratamiento 1 es 0,642 g/cm³. Los cuales incrementan su valor a mayor altura del árbol, coincidiendo con los resultados encontrados por un grupo de investigadores que han estudiado la forma en que varía esta característica a lo largo del árbol, llegando a la conclusión de que aumenta desde la base hacia la copa (TUSSET y DURAN, 1980).

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

El valor promedio general de la densidad básica de la capirona a una edad de 8 años es 0,64 g/cm³ como se aprecia en la Figura 1, este valor que está relativamente alejado de 0,76 g/cm³ según la FAO (2002), estos datos posiblemente se realizaron en diferentes edades del árbol.

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

Asimismo SOUDRE (2004) hace mención con respecto al incremento de la edad en la especie de *Cedrelinga cateniformis* observándose la menor densidad básica a los 9 años (0,30 g/cm³) y la mayor a los 14 años (0,37 g/cm³).

4.2. Contenido de humedad

En el Cuadro 3 se tiene los datos promedios del contenido de humedad por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente

Cuadro 3. Valores promedio del Contenido de humedad por tratamientos y orientación norte y sur de la especie *Calycophyllum spruceanum*.

TRATAMIENTOS (i)	ORIENTACIÓN		Prom.total
	N	S	
T-1	74,312	67,632	70,972
T-2	66,442	72,713	69,578
T-3	65,883	69,144	67,514
T-4	65,146	68,471	66,808
Prom. General	67,946	69,490	68,718

Cuadro 4. Prueba de significación de Duncan del análisis combinado de contenido de humedad de los 5 árboles en estudio.

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

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

Asimismo GREGORIEV (1985) manifiesta que la humedad de la albura en las coníferas aumentan de abajo hacia arriba, mientras que la humedad de duramen no cambia; en las latifoliadas la humedad de la albura no varía y la humedad del duramen disminuye hacia arriba. Manifiesta también que el CH tiene importancia en la utilización de la madera, ya que influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductibilidad térmica y acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad.

Como se puede observar en el Cuadro 3 vemos que en la orientación norte el contenido de humedad es menor 67,946% y en la orientación sur es mayor 69,490%. Un aumento en el contenido de humedad ocasionaría una densidad muy alta (GRIOGORIEV 1985), como sucede con la orientación sur.

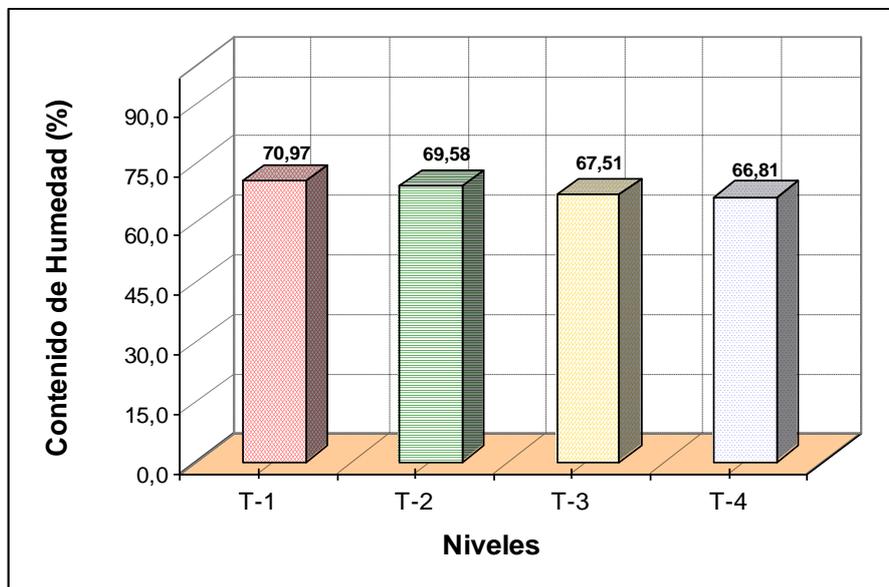


Figura 2. Contenido de humedad promedio de los niveles o tratamientos de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*

4.3. Cambio dimensional

4.3.1. Contracción longitudinal

En el Cuadro 5 se tiene los datos promedios de la contracción longitudinal por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente.

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

TRATAMIENTOS (i)	ORIENTACIÓN		Prom.total
	N	S	
T-1	0,267	0,260	0,264
T-2	0,171	0,169	0,170
T-3	0,208	0,173	0,190
T-4	0,237	0,179	0,208
Prom. General	0,221	0,195	0,208

4.3.2. Contracción Radial

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

Cuadro 6. Valores promedio de la contracción radial por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles *Calycophyllum spruceanum*.

TRATAMIENTOS (i)	ORIENTACIÓN		Prom.total
	N	S	
T-1	3,208	2,774	2,991
T-2	3,035	3,338	3,187
T-3	3,362	3,692	3,527
T-4	3,600	3,495	3,547
Prom. General	3,301	3,325	3,313

4.3.3. Contracción Tangencial

En el Cuadro 7 se tiene los datos promedios de la contracción tangencial por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente.

Cuadro 7. Valores promedio de la contracción tangencial por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles *Calycophyllum spruceanum*

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

Como observamos en el Cuadro 8, hay diferencia estadística en el tratamiento 1 con los demás tratamientos. Mientras que los tratamientos 2 y 3 no hay diferencia estadística así como el tratamiento 3 y 4.

Cuadro 8. Prueba de significación de Duncan de la Contracción tangencial del análisis combinado.

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

En los Cuadros 5, 6 y 7 el promedio general de la contracción longitudinal es de 0,208%, siendo este valor despreciable en el secado de la madera, la máxima contracción lineal, la experimentó el plano tangencial siendo 6,561% más contráctil en relación al plano radial 3,313%. Las diferencias entre las contracciones lineales se explican por la gran cantidad y

ancho de los rayos medulares y a la orientación de las fibrillas en la pared celular y de las fibras (KOLLMANN y COTÉ, 1968); así mismo la menor contracción en el plano radial, obedece al papel que desempeñan los radios al restringir los movimientos dimensionales en esa dirección (BOYD, 1974). De acuerdo a SOLANO (1998), la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinal, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado, ya que la mayoría de ellos son producidos por efectos de las contracciones o disminuciones de dimensiones diferentes de cada uno de los tres planos y se presentan después que la madera ha perdido el agua libre y empieza a perder el agua higroscópica. La contracción tangencial es mayor que la radial y esta mayor que la longitudinal pudiendo decirse que la tangencial fluctúa entre 3,5% a 15%, la radial varía entre 2,4% a 11% y la longitudinal varía entre 0,1% a 0,9%. La relación entre la contracción tangencial y la contracción radial es el coeficiente de estabilidad dimensional (CED).

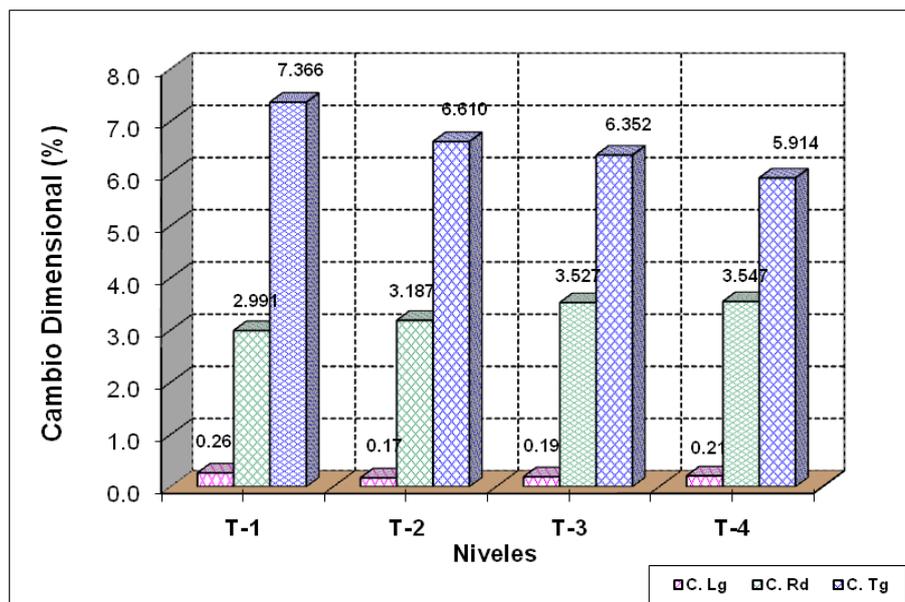


Figura 3. Cambio dimensional promedio de los niveles de contracción longitudinal, radial y tangencial de *Calycophyllum spruceanum*

Con respecto a la edad el valor promedio de la contracción tangencial, radial y volumétrica tienden a incrementarse con respecto a la edad del árbol, como lo manifiesta Soudre (2004), que la contracción tangencial, radial y volumétrica tiende a incrementarse desde los 9 años (6,22%) hasta los 14 años (6,83%). Según la FAO (2002), la capirona es una madera muy pesada, que presenta contracciones tangencial 9,00%, radial 5,00% y la contracción volumétrica 15,00% es moderadamente estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media a alta. Estos resultados son diferentes con nuestros resultados debido a la edad del árbol.

4.3.4. Contracción volumétrica

En el Cuadro 9 se tiene los datos promedios de la contracción tangencial por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de la densidad básica respectivamente

Cuadro 9. Valores promedio de la contracción volumétrica por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

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

En el Cuadro 10, cuando analizamos la prueba de DUNCAN hay diferencia estadística, el tratamiento 1 es diferente a los demás tratamientos en lo que a contracción volumétrica se refieren, pero no hay entre los tratamientos 2 y 3.

Cuadro 10. Prueba de significación de Duncan de la Contracción volumétrica Del análisis combinado.

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

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

Según la FAO (2002), la capirona tiene una contracción volumétrica de 15,00% es moderadamente estable. Lo cual estaría dentro de la clasificación de la madera según la contracción volumétrica en la clase de mediana contracción de 15 a 10.1, madera en trozos con grietas medianas, pudiendo ser conservada en trozos para estivación de minas y postes. Estos resultados son diferentes con nuestros resultados debido a la edad del árbol.

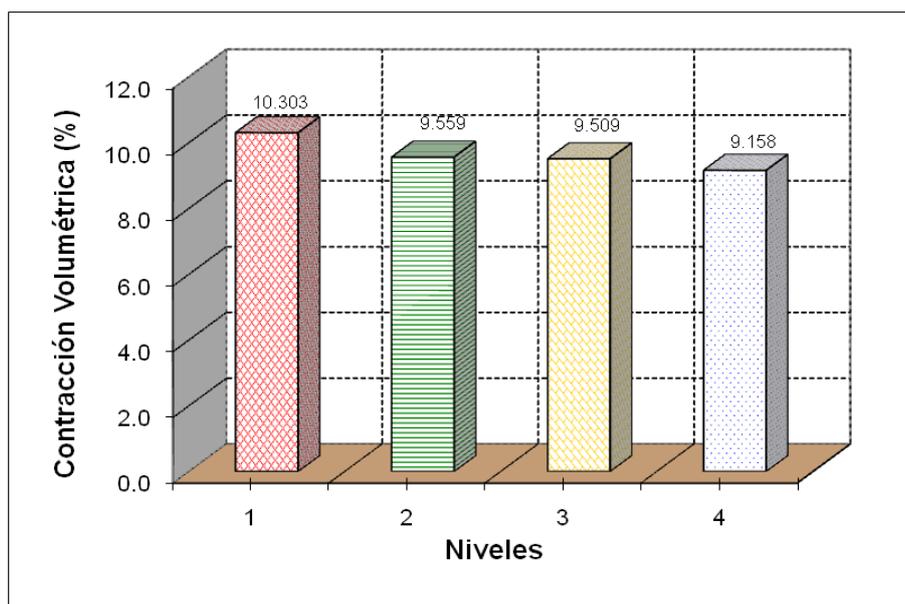


Figura 4. Contracción volumétrica promedio de los niveles o tratamientos de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

4.3.5. Relación T/R

En el Cuadro 11 se tiene los datos promedios de la contracción radial por tratamiento y orientaciones así como los promedios totales de los tratamientos y el promedio general de las orientaciones así como el promedio general de la densidad básica respectivamente.

Cuadro 11: Valores promedio de la relación T/R por tratamientos y en la orientación norte y sur de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

TRATAMIENTOS (i)	ORIENTACIÓN		Prom.total
	N	S	
T-1	2,177	2,990	2,584
T-2	2,289	2,070	2,180
T-3	1,962	1,794	1,878
T-4	1,709	1,763	1,736
Prom. General	2,034	2,154	2,095

En el Cuadro 12, cuando analizamos la prueba de DUNCAN de los tratamientos del análisis combinado observamos diferencia estadística el tratamiento 1 con los demás tratamientos, pero entre 3 y 4 no los hay diferencia estadística.

Cuadro 12. Prueba de significación de Duncan de la Relación T/R por tratamientos del análisis combinado

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

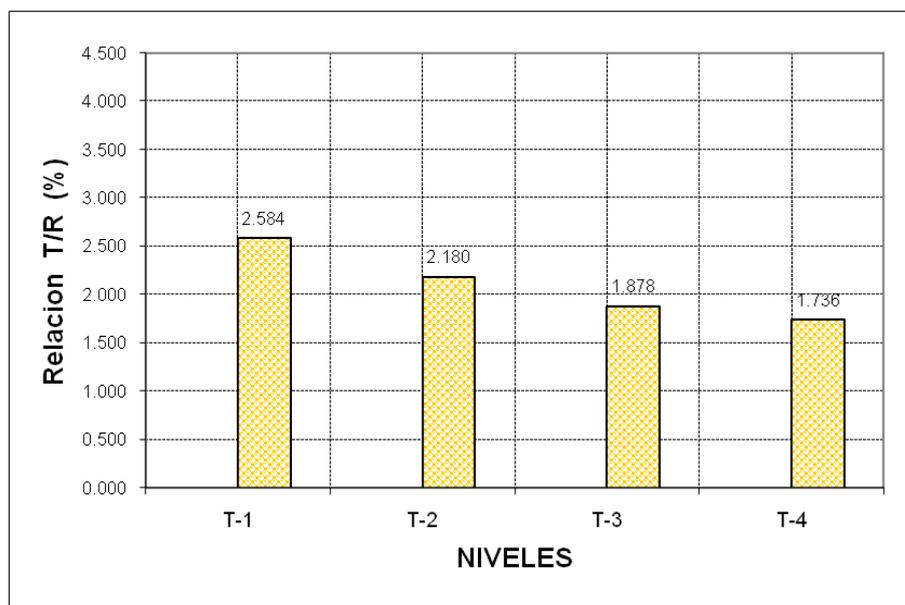


Figura 5. Relación T/R promedio de los niveles o tratamientos de los 5 árboles de *Calycophyllum spruceanum*.

Como observamos en la Figura 5, vemos que relación T/R varía en los tratamientos desde la base hacia la copa del árbol y observamos que el tratamiento 4 ,3 y 2 van a tener un buen comportamiento al secado lo que no sucede con el tratamiento 1 que tendrá mayor tendencia a rajaduras y agrietamiento de la madera por tener una relación T/R muy elevada.

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

KOLLMANN (1970) manifiesta que la relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

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

V. CONCLUSIONES

1. La densidad básica de la madera de *Calycophyllum spruceanun* a la edad de 8 años es de $0,64 \text{ g/cm}^3$ clasificándose como alta.
La densidad básica en la orientación sur es el que contiene mayor densidad básica $0,643 \text{ g/cm}^3$ y la menor en la orientación norte $0,636 \text{ gr/cm}^3$ como se aprecia en el (Cuadro 6).
2. El contenido de humedad de la madera de *Calycophyllum spruceanun* a la edad de 8 años es de 68,72%.
El contenido de humedad en la madera en la orientación sur es el que contiene mayor cantidad de agua (69,490%), que en la orientación norte (67,964%).
3. Los cambios dimensionales de *Calycophyllum spruceanun* a la edad de 8 años fueron: Contracción longitudinal 0,208%, la máxima contracción lineal, la experimentó el plano tangencial siendo 6,561% más contráctil en relación al plano radial 3,313%, la contracción volumétrica es de 9,636% lo cual la coloca dentro de la clasificación de la madera según la contracción volumétrica en la clase de pequeña contracción, que se pueden secar antes de su aserrío, la relación de anisotropía es de 2.095% lo cual se encuentra en el rango de 1,5 a 2,5 por lo cual la capirona no tendrá mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado.
4. Las contracciones según con la orientación norte y sur, las que tienen menor contracción es en la orientación norte y mayores en la orientación sur esto se debe a la correlación que existe entre la densidad y contracción manifestando que las maderas con mayor densidad tienen mayor contracción que las maderas de menor densidad.

VI. RECOMENDACIONES

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

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANANÍAS, R. 1992. Física de la Madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41p.
2. BOYD, J.D.1974 "Anisotropic shrinkage of wood: Identification of the dominant determinants".

3. COORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA (CCM). 2003. Manual para la Construcción de Vivienda en Madera. Capítulo I. Chile. 55p.
4. 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.
5. GRIGORIEV. 1985. Estudio para Materiales para Ebanistas y Carpinteros. Editorial MIR MOSCU-URSS. Rusia. 240 p.
6. HAYGREEN, J., BOWYER, J. 1982. Forest Products and Wood Science. An Introduction Iowa – EUA 495 p.
7. ITINTEC. 1971. Maderas. Selección y Colección de Muestras. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.008 Lima Perú 12 p.
8. ITINTEC. 1971. Instituto Tecnológico Industrial de Normas Técnicas. Método de Determinación de Contenido de Humedad. Norma Técnica Peruana 251.010. Lima Perú 2 p.
9. ITINTEC. 1971. Maderas. Método de determinación de Densidad. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.011. Lima Perú 7 p.
10. ITINTEC. 1971. Maderas. Método de determinación de Contracción. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.012. Lima Perú 7 p.
11. KOLLMANN, F. (1970). Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones. Madrid-España. 6-18 p.
12. KOLLMANN, F., COTÉ.1968. Principles of Wood Science and Technology. Vol 1: Solid Wood. New York,USA. 592 p.
13. 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).
14. OLIVEIRA, J. T., SILVA, J.C. 2003. Variacião radial da retratibilidade de densidades básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm.". Revista *Árvore*, Vicosa-MG. 27(3):381-385.
15. PASHIN A.; DE ZEEUW, C. 1981. Textbook of Wood Technology. 4 th.Ed. Mc Graw-Hill, New York 6: 201-210; 7: 237-272.
16. PÉREZ, V. 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 451 p.
17. 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.
18. SOUDRE, Z. K. 2004. Influencia de cuatro Factores de Crecimiento en la Variación de las Propiedades Físicas en la madera de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (tornillo), de las Plantaciones Establecidas en el Bosque Alexander Von Humboldt, Ucayali. Tesis Ing. Forestal. Lima Perú, Universidad nacional Agraria la Molina. 53p.
19. TUSSE, T., DURAN, P. 1979. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Montevideo Uruguay. 668 p.