



SUBPROYECTO:

“OPCIONES PARA LA PROMOCIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE MADERAS PROCEDENTES DE PLANTACIONES FORESTALES CON ESPECIES NATIVAS DE LA REGIÓN AMAZÓNICA”

ESTUDIO

***PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE (“COPAIBA”) COPAIFERA
PAUPERA (HERZOG) DWYER PROVENIENTE DE PLANTACIONES
DEL BOSQUE NACIONAL ALEXANDER VON HUMBOLDT-
UCAYALI***

ING. FORESTAL: FLOR DE LIANA CAROLINA TORRES MEDINA

LA MOLINA ABRIL DEL 2010

RESUMEN

Se analizan las propiedades físicas de la *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer proveniente de plantaciones del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt en el departamento de Ucayali, y se propone sus aptitudes de uso.

Las propiedades de densidad anhidra, peso específico seco al aire y contracciones parciales se analizaron estadísticamente mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) para determinar las diferencias significativas.

Las propiedades de densidad básica y contracciones totales se estimaron mediante formulas.

Los resultados demuestran para la madera de esta plantación, diferencias significativas para densidad anhidra y peso específico seco al aire.

Esta madera está considerada como de densidad y contracción volumétrica media, recomendándose su uso en obras interiores, encofrados y parquet.

ÍNDICE

Página

| | |
|--|------------|
| <i>RESUMEN</i> | <i>ii</i> |
| <i>ÍNDICE</i> | <i>iii</i> |
| <i>Lista de cuadros</i> | <i>iv</i> |
| <i>Lista de figuras</i> | <i>v</i> |
| <i>1. INTRODUCCIÓN</i> | <i>6</i> |
| <i>2. REVISIÓN DE LITERATURA</i> | <i>7</i> |
| 2.1. CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA | <i>7</i> |
| 2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA..... | <i>7</i> |
| 2.3. FENOLOGÍA Y PROPAGACION | <i>10</i> |
| 2.4. DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT | <i>10</i> |
| 2.5. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE..... | <i>10</i> |
| 2.5.1. Características Generales | <i>10</i> |
| 2.5.2. Usos | <i>11</i> |
| <i>3. MATERIALES Y MÉTODOS</i> | <i>12</i> |
| 3.1. SELECCIÓN Y ENSAYOS EXPERIMENTALES | <i>12</i> |
| 3.2. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS | <i>12</i> |
| 3.2.1. Análisis de variancia | <i>12</i> |
| 3.2.2. Análisis de regresión | <i>13</i> |
| <i>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> | <i>14</i> |
| <i>5. CONCLUSIONES</i> | <i>22</i> |
| <i>6. RECOMENDACIONES</i> | <i>23</i> |
| <i>BIBLIOGRAFIA</i> | <i>24</i> |

Lista de cuadros

Página

| | |
|---|----|
| CUADRO 1 PROMEDIOS, RANGOS Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS PARA CADA UNA DE LAS ALTURAS DEL ÁRBOL..... | 15 |
| CUADRO 2 ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LOS NIVELES DE ALTURA..... | 17 |
| CUADRO 3 VALORES PROMEDIO, INTERVALOS DE CONFIANZA Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN PARA LA ESPECIE. | 18 |
| CUADRO 4 ECUACIONES Y COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN ENTRE LOS CAMBIOS DIMENSIONALES PARCIALES Y EL PESO ESPECÍFICO SECO AL AIRE (G). Y ENTRE LOS CAMBIOS DIMENSIONALES TOTALES Y LA DENSIDAD BÁSICA (DB)..... | 19 |

Lista de figuras

Página

| | |
|---|----|
| FIGURA 1: DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE, <i>COPAIFERA PAUPERA</i> (HERZOG) DWYER: | 9 |
| FIGURA 2 : VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD BÁSICA (*ESTIMADA), PESO ESPECÍFICO SECO AL AIRE Y DENSIDAD ANHIDRA PARA CADA UNA DE LAS ALTURAS DEL ÁRBOL. | 16 |
| FIGURA 3: VALORES PROMEDIO DE CONTRACCIÓN PARCIAL PARA CADA UNA DE LAS ALTURAS DEL ÁRBOL..... | 16 |
| FIGURA 4: VALORES PROMEDIO DE CONTRACCIÓN TOTAL (ESTIMADAS) PARA CADA UNA DE LAS ALTURAS DEL ÁRBOL..... | 17 |
| FIGURA 5: DENSIDAD ANHIDRA DE LA <i>COPAIFERA PAUPERA</i> DE PLANTACIONES Y DE LA <i>COPAIFERA OFFICINALIS</i> DE BOSQUE NATURAL. | 20 |
| FIGURA 6: CAMBIOS DIMENSIONALES DE LA <i>COPAIFERA PAUPERA</i> DE PLANTACIONES Y LA <i>COPAIFERA OFFICINALIS</i> DE BOSQUE NATURAL. | 20 |

1. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales son una buena alternativa para aminorar el impacto negativo sobre los bosques naturales, sin embargo la información sobre estas es insuficiente o no está lo suficientemente difundida, siendo importante determinar mediante ensayos las propiedades físicas y mecánicas de la madera ya que junto con otros estudios son importantes para la propuesta de los usos adecuados de cada especie.

En el presente trabajo, se calcularon, estimaron, y analizaron las propiedades físicas de la especie “Copaiba” (*Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer) de plantaciones provenientes del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt en Ucayali, con lo cual se clasificó a la especie y se establecieron sus aptitudes de uso.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA

- Orden: Fabales
- Familia: Leguminosae (Caesalpinioideae)
- Género: Copaifera
- Nombre científico: *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer
- Sinónimos Botánicos: *Copaifera reticulata* Ducke var. *peruviana* J.F. Macbride
- Nombres comunes: “Copaiba”

2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Reynel et. al. (2003) señala que la *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (Copaiba) es una especie cuyo árbol mide de 50-150 cm de diámetro y 20-35 m de altura total, de fuste cilíndrico, con ramificación desde el segundo tercio y la base del fuste recta. La corteza externa lenticelada, color marrón claro a grisáceo, presenta escamas de ritidoma que desprenden aisladamente dejando huellas impresas (“corteza martillada”); corteza interna en dos estratos, uno externo arenoso, color amarillo a anaranjado pálido y otro interno muy delgado y fibroso, la corteza aromática.

El mismo autor menciona que las ramitas terminales con sección circular son de color marrón claro cuando secas, de unos 3-5 mm de diámetro, finamente agrietadas y glabras; hojas

compuestas impar-o paripinnadas, alternas y dispuestas en espiral, de 15-20 cm de longitud, el peciolo de 2-4 cm de longitud, el raquis cilíndrico y delgado, los foliolos 8-15, oblongo-incurvados, marcadamente asimétricos, de 2.5-6 cm de longitud y 1.5-2.5 cm de ancho, enteros, los nervios secundarios 10-12 pares, prominulos en ambas caras o inconspicuos, los nervios terciarios conspicuos y reticulados, el ápice de los foliolos agudo, acuminado, la base aguda y fuertemente asimétrica, las hojas glabras; inflorescencias axilares en racimos de espigas de 10-20 cm de longitud, las flores subtendidas por brácteas conspicuas, caducas; flores pequeñas, hermafroditas, zigomorfas, de 5-7 mm de longitud, sésiles, con cáliz y corola presentes, el cáliz de 2-3 mm de longitud, la corola tubular amarillenta de 4-5 mm de longitud, el androceo 5-6 mm de longitud, los estambres muy numerosos, el gineceo con un pistilo de ovario súpero y alargado, el estigma inconspicuo; frutos legumbres discoideas aplanadas, de color marron, de unos 3-5 cm de longitud, con la superficie lisa, glabra, la semilla única, negra, con un arilo carnoso, color amarillo o anaranjado. La Figura 1, ilustra las características botánicas de esta especie.

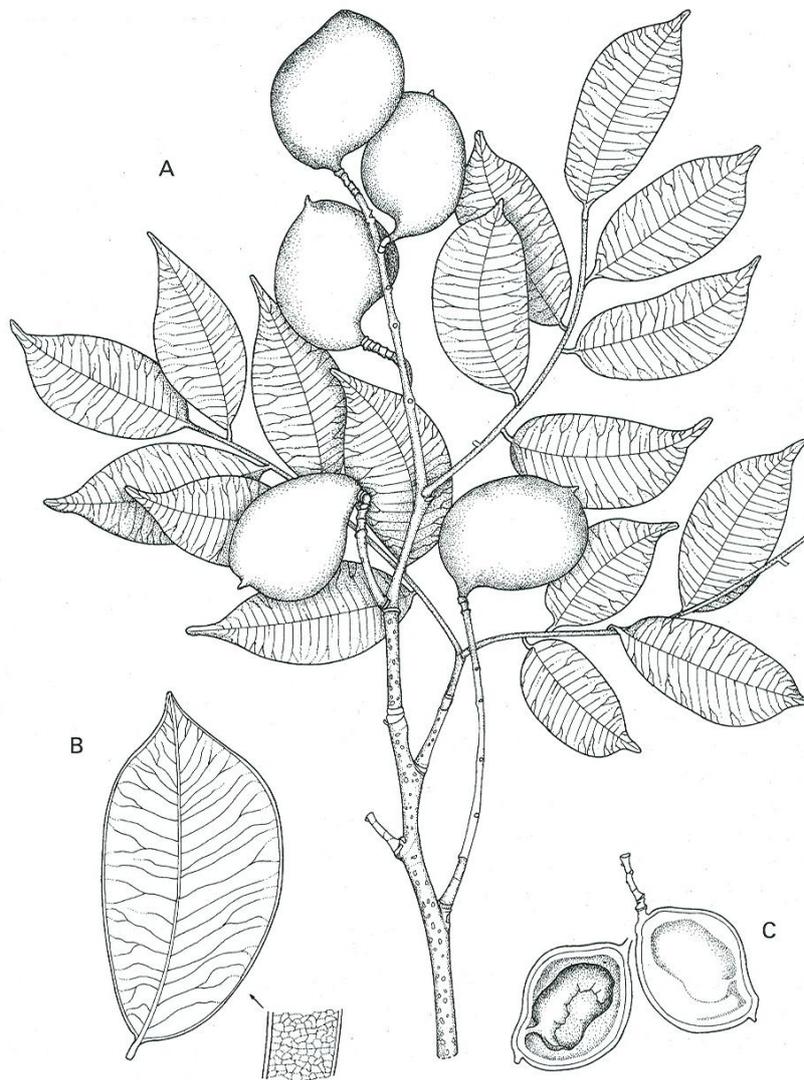


Figura 1: Descripción botánica de la especie, *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer:

A. Ramita con hojas y fruto (x 0,6), **B.** Lámina foliar y nervación (x1), **C.** Fruto (x 0,5)

Fuente: Reynel, et. al. (2003)

2.3 FENOLOGÍA Y PROPAGACION

Reynel et. al. (2003), señala que existen registros de floración a lo largo del año y de fructificación entre fines de la estación seca e inicios de la estación de lluvias, en Septiembre-Enero.

2.4 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

Reynel et al (2003), señala que la especie se encuentra en la región Amazónica, mayormente debajo de los 700 msnm. Se le observa en ámbitos con pluviosidad elevada y constante, es una especie esciófita, presente en bosques primarios, prefiere suelos arcillosos a limosos, fértiles y bien drenados, con pedregosidad baja a media.

2.5 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

2.5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Reynel et al (2003), indica que la madera es de muy buena calidad, semidura a semipesada, de color blanquecino en la albura a rojo amarillento en el duramen cuando seca, con grano recto y textura media a fina, con veteado de arcos superpuestos y bandas longitudinales angostas.

2.5.2 USOS

Reynel et al (2003), indica que la madera es trabajable, de buena durabilidad y con ella se elaboran muebles, estructuras de construcción como vigas, columnas y travesaños, machihembrados, parquet, contrachapados y laminados. Horadando el tronco del árbol se obtiene un aceite exudado, el bálsamo de Copaiba, que tiene propiedades medicinales como cicatrizante para lesiones en la piel, se emplea también en la fabricación de cosméticos y jabones.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 SELECCIÓN Y ENSAYOS EXPERIMENTALES

La selección y toma de muestras, así como la elaboración de probetas para los ensayos estuvo a cargo del INIA-Pucallpa. Las determinaciones experimentales fueron realizadas por el tesista Walther Yalle Paredes en la universidad Nacional de Ucayali - Pucallpa.

3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos se ordenaron e ingresaron para procesarlos mediante software Microsoft Excel para Windows en el cual se elaboraron cuadros. En el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el programa Minitab 15.0.

3.2.1 ANÁLISIS DE VARIANCIA

El análisis, se realizó para tres alturas 1, 2 y 3, correspondientes a los niveles basal, medio y apical respectivamente. El diseño estadístico corresponde a un Diseño Completamente al Azar (DCA), con pruebas paramétricas, para peso específico seco al aire, densidad anhidra y contracción parcial radial, cuya comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey; y pruebas no paramétricas, para contracción parcial tangencial, longitudinal y volumétrica.

3.2.2 ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Se realizó el análisis de regresión entre el peso específico seco al aire como variable independiente, con los ensayos de Contracción Parcial radial, tangencial, longitudinal y volumétrica como variables dependientes, obteniéndose las respectivas ecuaciones y los coeficientes de correlación y determinación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las propiedades físicas, obtenidas para tres alturas diferentes en el árbol, se presentan en el cuadro 1, en el cual se incluyen promedios, rangos y coeficientes de variación. Los valores promedio de estas propiedades tienden a disminuir con la altura, a excepción de la contracción longitudinal parcial, la cual presenta una tendencia irregular. Las figuras 2, 3 y 4 ilustran estas variaciones. Según Arroyo (1983), corresponden al patrón de tipo I, muy común en coníferas y raro en latifoliadas, estos diferentes patrones son producidos por varios factores interrelacionados que son modificados por las condiciones de crecimiento.

El análisis de variancia demuestra que existen diferencias significativas solo para la densidad anhidra y el peso específico seco al aire, donde la altura 2 es similar a la 3 pero ambas difieren de la 1. El cuadro 2 ilustra estos resultados.

En el cuadro 3 se presentan los promedios totales, intervalos de confianza de 95% y coeficientes de variación para la especie; nótese que el coeficiente de variación de la contracción longitudinal tiene un alto valor (70,13%), lo que podría estar explicado por la probable presencia de madera juvenil que implica una mayor inclinación de las microfibrillas; mientras que la relación T/R de 1,52 indicaría que es una madera estable.

Cuadro 1 Promedios, Rangos y Coeficientes de Variación de las Propiedades Físicas para cada una de las Alturas del árbol.

| Propiedades Físicas | Unidades | Alturas | Promedio | Rango | | Coef. Var. (%) |
|------------------------------|-------------------|---------|----------|--------|--------|----------------|
| | | | | Mínimo | Máximo | |
| Peso Específico Seco al aire | g/cm ³ | 1 | 0,60 | 0,51 | 0,65 | 7,06 |
| | | 2 | 0,56 | 0,51 | 0,62 | 5,78 |
| | | 3 | 0,55 | 0,45 | 0,61 | 9,23 |
| Densidad Anhidra | g/cm ³ | 1 | 0,64 | 0,54 | 0,69 | 7,32 |
| | | 2 | 0,60 | 0,54 | 0,66 | 5,50 |
| | | 3 | 0,58 | 0,47 | 0,66 | 9,76 |
| Densidad Básica* | - | 1 | 0,63 | 0,54 | 0,68 | 7,22 |
| | | 2 | 0,59 | 0,54 | 0,65 | 5,21 |
| | | 3 | 0,57 | 0,45 | 0,70 | 11,39 |
| Contracción Parcial | | | | | | |
| a) Radial | % | 1 | 2,19 | 1,56 | 3,34 | 18,57 |
| | | 2 | 2,18 | 1,36 | 2,78 | 20,85 |
| | | 3 | 1,97 | 1,15 | 2,86 | 25,53 |
| b) Tangencial | % | 1 | 3,43 | 2,24 | 5,36 | 19,46 |
| | | 2 | 3,21 | 2,47 | 6,09 | 23,32 |
| | | 3 | 3,00 | 2,23 | 3,82 | 14,08 |
| c) Longitudinal | % | 1 | 0,24 | 0,10 | 0,50 | 49,77 |
| | | 2 | 0,17 | 0,01 | 0,45 | 72,56 |
| | | 3 | 0,30 | 0,10 | 0,88 | 75,20 |
| d) Volumétrica | % | 1 | 5,77 | 4,82 | 8,62 | 14,43 |
| | | 2 | 5,48 | 4,55 | 8,86 | 16,12 |
| | | 3 | 5,20 | 3,64 | 7,17 | 14,38 |
| Contracción Total* | | | | | | |
| a) Radial | % | 1 | 4,15 | 2,94 | 6,31 | 18,57 |
| | | 2 | 4,12 | 2,56 | 5,26 | 20,85 |
| | | 3 | 3,72 | 2,17 | 5,41 | 25,53 |
| b) Tangencial | % | 1 | 6,47 | 4,23 | 10,13 | 19,46 |
| | | 2 | 6,06 | 4,67 | 11,50 | 23,32 |
| | | 3 | 5,67 | 4,22 | 7,22 | 14,08 |
| c) Longitudinal | % | 1 | 0,45 | 0,19 | 0,95 | 49,77 |
| | | 2 | 0,32 | 0,01 | 0,85 | 72,56 |
| | | 3 | 0,56 | 0,19 | 1,67 | 75,20 |
| d) Volumétrica | % | 1 | 10,90 | 9,10 | 16,27 | 14,43 |
| | | 2 | 10,34 | 8,59 | 16,73 | 16,12 |
| | | 3 | 9,82 | 6,88 | 13,55 | 14,38 |

* Valores estimados

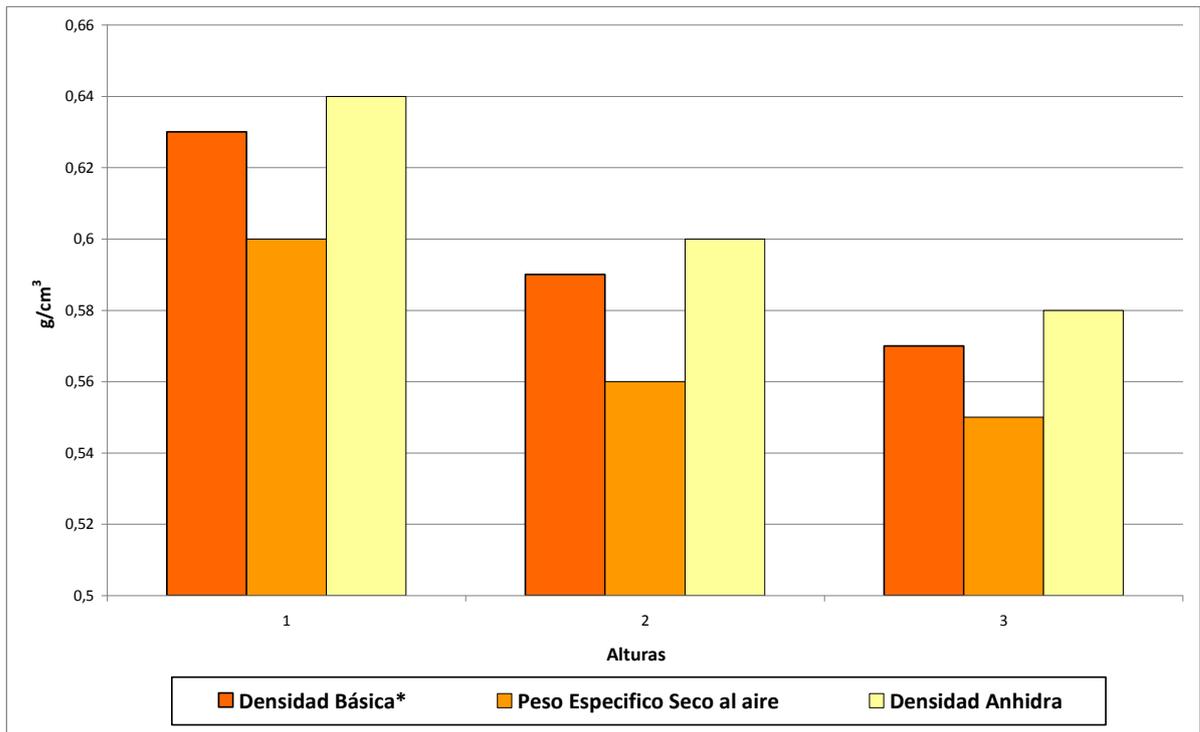


Figura 2 : Valores promedio de densidad básica (*estimada), peso específico seco al aire y densidad anhidra para cada una de las Alturas del árbol.

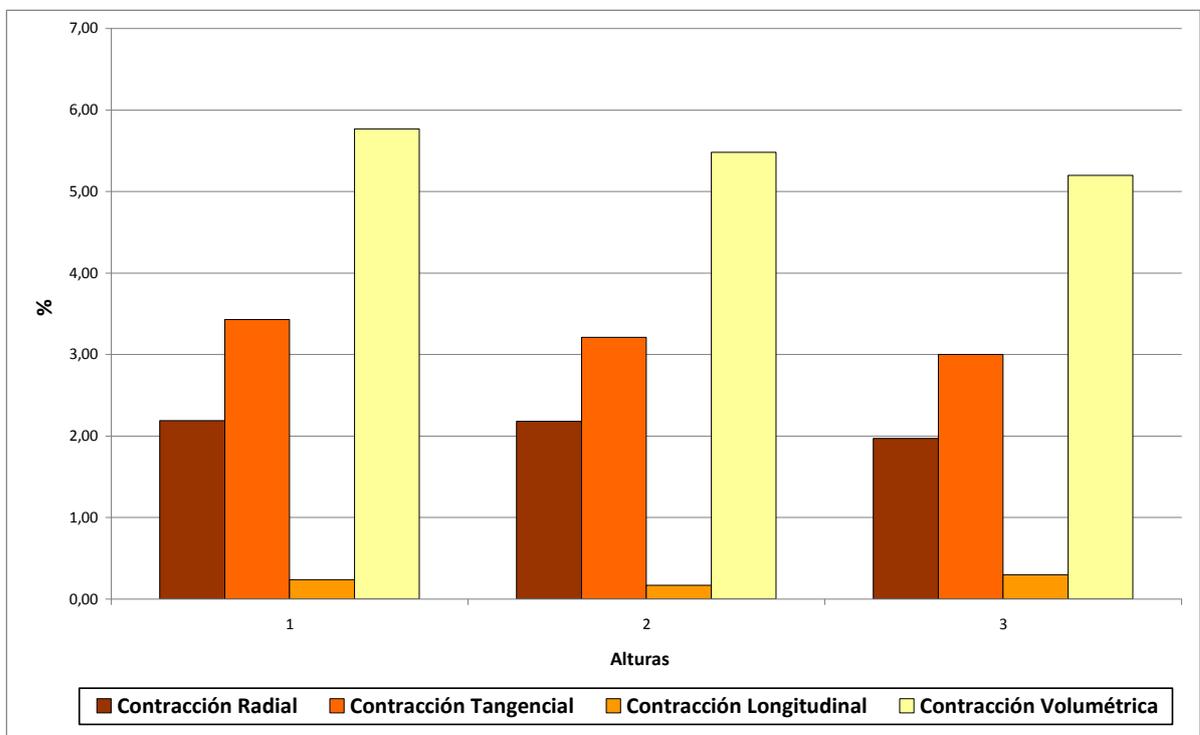


Figura 3: Valores promedio de Contracción Parcial para cada una de las alturas del árbol.

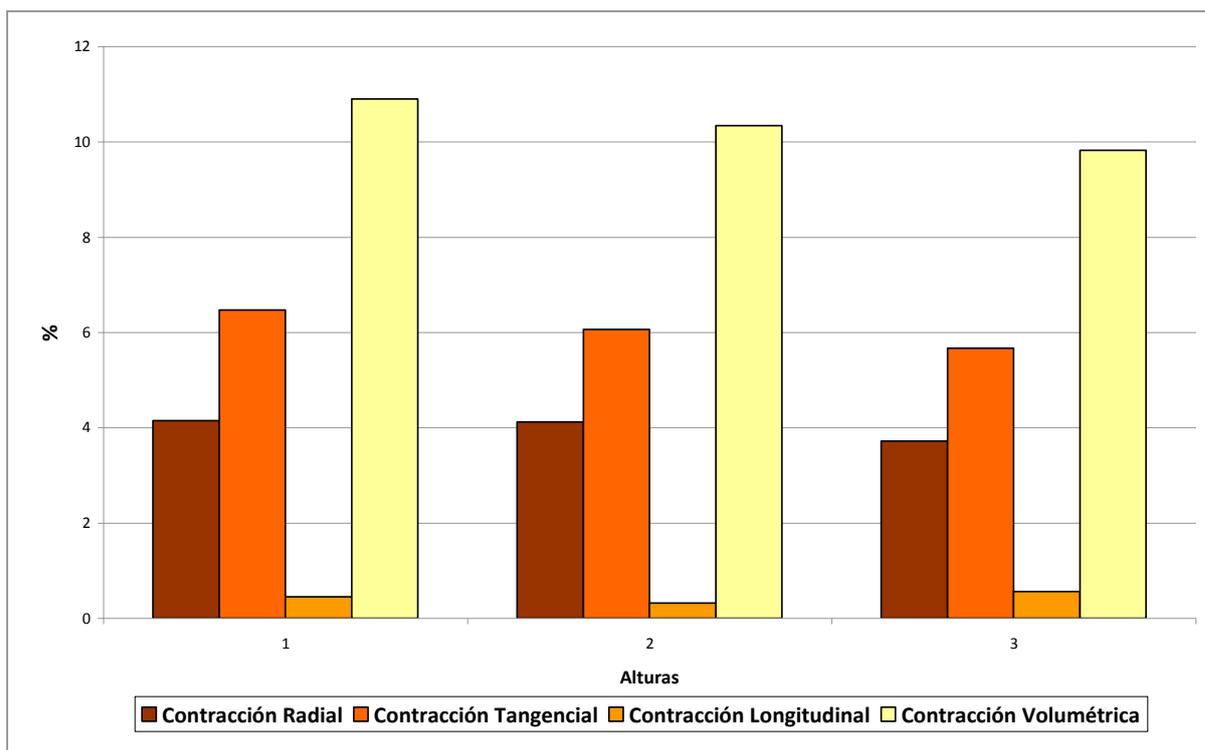


Figura 4: Valores promedio de Contracción Total (estimadas) para cada una de las alturas del árbol.

Cuadro 2 Análisis de Variancia para los niveles de altura.

| Propiedades Físicas | Análisis de Variancia | Prueba Comparativa de Medias o Medianas |
|------------------------------|-----------------------|---|
| Peso Específico Seco al Aire | * | 1 $\overline{2}$ 3 |
| Densidad Anhidra | * | 1 $\overline{2}$ 3 |
| Contracción Parcial | | |
| a) Radial | N.S. | |
| b) Tangencial | N.S. | |
| c) Longitudinal | N.S. | |
| d) Volumétrica | N.S. | |

* = Significativo

N.S. = No Significativo

Cuadro 3 Valores Promedio, intervalos de confianza y coeficientes de Variación para la especie.

| Propiedades Físicas | Unidades | Promedio | Intervalo de Confianza | | Coeficiente de Variación (%) |
|--|-------------------|----------|------------------------|-----------------|------------------------------|
| | | | Limite Inferior | Limite Superior | |
| Peso Específico Seco al Aire | g/cm ³ | 0,57 | 0,56 | 0,58 | 8,09 |
| Densidad Anhidra | g/cm ³ | 0,61 | 0,59 | 0,62 | 8,38 |
| Densidad Básica* | - | 0,60 | 0,59 | 0,62 | 8,74 |
| Contracción Parcial (contenido de humedad de 14% a 0%) | | | | | |
| a) Radial | % | 2,12 | 2,01 | 2,24 | 21,47 |
| b) Tangencial | % | 3,23 | 3,07 | 3,39 | 20,20 |
| c) Longitudinal | % | 0,23 | 0,19 | 0,27 | 70,13 |
| d) Volumétrica | % | 5,50 | 5,29 | 5,72 | 15,38 |
| Contracción Total* | | | | | |
| a) Radial | % | 4,01 | 3,80 | 4,23 | 21,47 |
| b) Tangencial | % | 6,10 | 5,79 | 6,41 | 20,20 |
| c) Longitudinal | % | 0,44 | 0,36 | 0,52 | 70,13 |
| d) Volumétrica | % | 10,39 | 9,91 | 10,80 | 15,38 |
| Relación T/R | - | 1,52 | - | - | - |

* Valores estimados

Según los cálculos estimados se puede clasificar a la especie como una madera de densidad básica y contracción volumétrica media. Asimismo los resultados indican que el peso específico seco al aire no es buen estimador para los cambios dimensionales parciales, pues sus coeficientes de determinación son bajos. El cuadro 4 muestra estos resultados.

La especie en estudio comparada con la *Copaifera officinalis* proveniente de bosque natural, muestra una densidad anhidra menor y cambios dimensionales mayores, probablemente por la presencia significativa de madera juvenil; la relación T/R es menor lo que podría indicar una mayor estabilidad dimensional. Las figuras 5 y 6 ilustran esta comparación.

Cuadro 4 Ecuaciones y coeficiente de determinación entre los cambios dimensionales parciales y el peso específico seco al aire (G). Y entre los cambios dimensionales totales y la densidad básica (DB).

| Propiedades Físicas | Ecuación Lineal | R ² |
|---------------------|-----------------|----------------|
| Contracción Parcial | | |
| a) Radial | = 1,34 + 1,36 G | 1,90 |
| b) Tangencial | = 1,52 + 2,98 G | 4,50 |
| c) Longitudinal | = 0,41 + 1,12 G | 10,20 |
| d) Volumétrica | = 2,43 + 5,36 G | 8,60 |

R²= coeficiente de determinación.

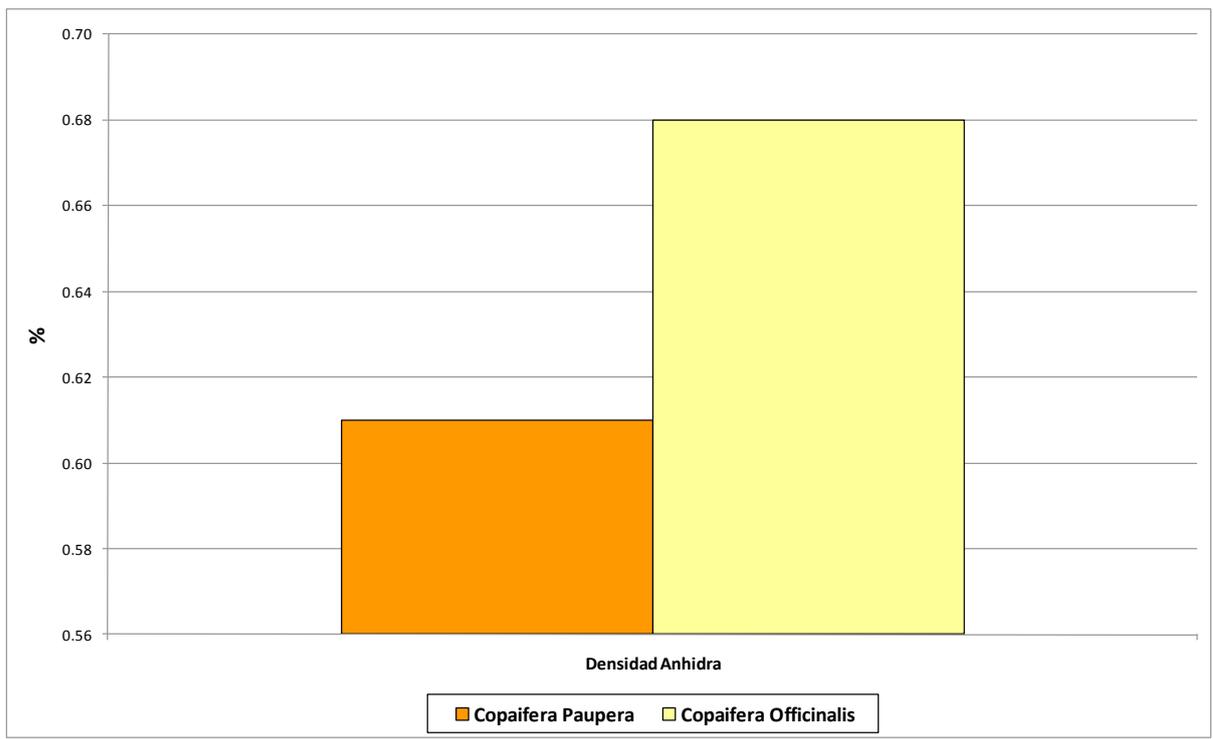


Figura 5: Densidad anhidra de la *Copaifera paupera* de plantaciones y de la *Copaifera officinalis* de bosque natural.

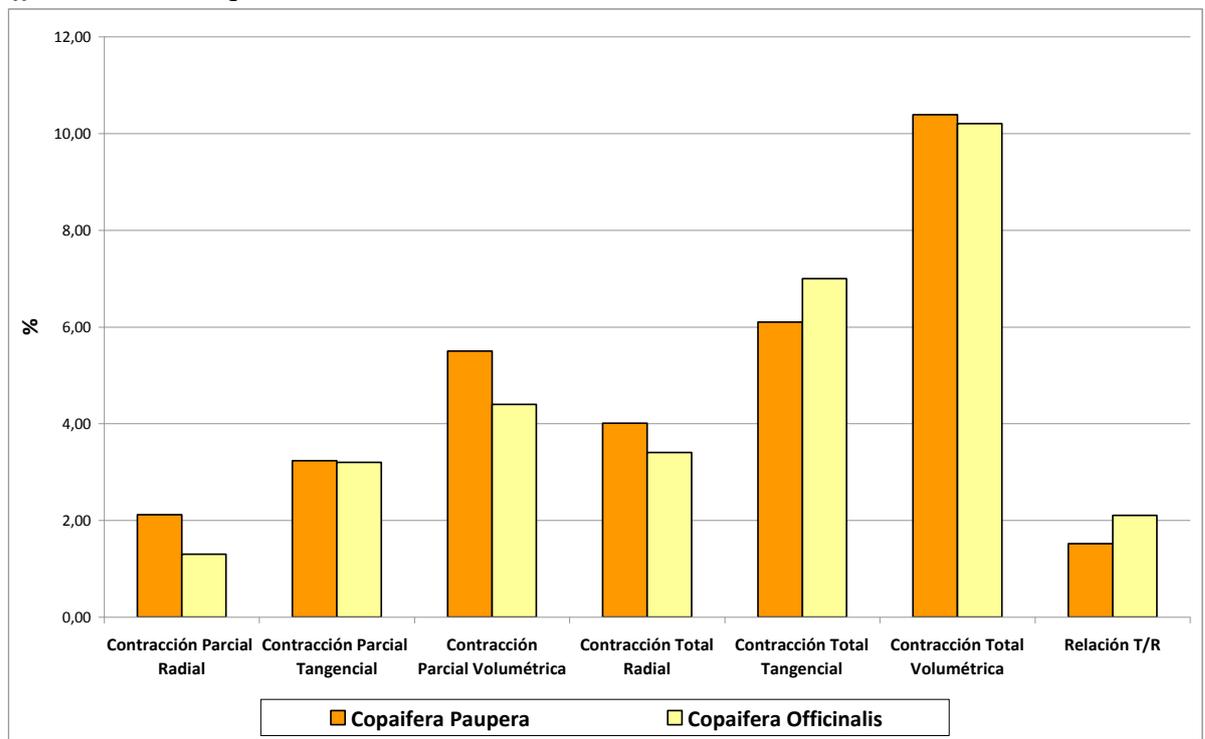


Figura 6: Cambios dimensionales de la *Copaifera paupera* de plantaciones y la *Copaifera officinalis* de bosque natural.

4.1 USOS

En consideración a la información disponible calculada y estimada y teniendo en cuenta la clasificación por grupos de densidad propuesta por Aróstegui (1982) esta especie puede ubicarse en el grupo III: maderas de densidad y contracción volumétrica media cuyos usos probables son: encofrados, revestimientos, estructuras clavadas y empernadas, así como carpintería de obra.

En consecuencia, de acuerdo al presente estudio la madera de *Copaifera paupera*, puede ser usada para obras interiores, encofrados y presenta aptitudes también para parquet.

5. CONCLUSIONES

- La especie *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer, proveniente de plantaciones del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, presenta diferencias significativas para densidad anhidra y el peso específico seco al aire.
- La madera estudiada según cálculos estimados se clasifica como de densidad básica y contracción volumétrica media.
- El peso específico seco al aire no es un buen estimador para ninguno de los cambios dimensionales.
- Los usos recomendados para la madera estudiada, son: obras interiores, encofrados y parquet.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda complementar las evaluaciones físicas y mecánicas para tener una clasificación más confiable y así también atribuírsele más aptitudes de uso a dicha especie. Estas evaluaciones deben complementarse con estudios anatómicos y tecnológicos.

- Tratándose de maderas de plantaciones se recomienda hacer estudios dendrocronológicos a los árboles de la especie, mediante la aplicación de la densitometría de rayos X, para determinar con mayor exactitud las zonas de madera juvenil, transición y madura.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aróstegui, A. 1970. Descripción, propiedades físico mecánicas y usos de la madera del Perú. Lima, PE, UNALM. 76 p.
2. Aróstegui, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Lima, PE, Proyecto PNUD/FAO/PER/71/511. 57 p. (Documento de Trabajo N° 2).
3. Arroyo, J. 1983. Propiedades físico-mecánicas de la madera. Mérida, VE, Universidad de los Andes. 186 p.
4. Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). 1982, Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies del Perú. PADT-REFORT. Grupo Andino. Lima. Perú. 53 p.
5. Reynel, C.; Pennington, R.; Pennington, T.; Flores, C.; Daza, A. 2003. Árboles útiles de la amazonía peruana. Lima, PE, Darwin Initiative, ICRAF. 509 p.