

# PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA DE URACO (*Ocotea brevipetiolata* van der Werff), MUNICIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO

## PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD URACO (*Ocotea brevipetiolata* van der Werff), MUNICIPALITY OF SIBUNDOY, PUTUMAYO

## PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE MADEIRA URACO (*Ocotea brevipetiolata* van der Werff), NO MUNICIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO

JOSÉ FRANCO ALVIS-GORDO<sup>1</sup>, LAURA DANIELA CABAS-GIRALDO<sup>2</sup>, DIANA PAOLA VALENCIA-RAMOS<sup>3</sup>

### RESUMEN

*Se realizó la investigación de las propiedades físico-mecánicas de la madera de la especie Uraco (*Ocotea brevipetiolata*) en el municipio de Sibundoy, Putumayo, cuyo objetivo fue determinar su importancia a partir de su calidad y utilidad en la elaboración de diferentes productos. Se realizaron ensayos de propiedades físicas como densidad y contracción y de propiedades mecánicas como flexión, cizallamiento, compresión paralela y perpendicular a la fibra, considerando lo establecido por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, los protocolos se ajustaron según las condiciones del estudio y los procedimientos incluyeron trabajos de campo, ensayos en laboratorio y procesamiento de la información. Los resultados obtenidos muestran que la especie *Ocotea brevipetiolata* presenta una densidad básica (0,54 g/cm<sup>3</sup>), considerada como una madera mediana a medianamente*

**Recibido para evaluación:** 4 de Agosto de 2015. **Aprobado para publicación:** 25 de Enero de 2017.

1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación TULL. M.Sc. Profesor titular. Popayán, Colombia.

2 Decorplantas forestal. Ingeniera forestal. Popayán, Colombia.

3 Corpoamazonia. Ingeniera forestal. Mocoa, Colombia.

*pesada clasificada dentro del grupo estructural “C” de acuerdo con la clasificación de la Junta del acuerdo de Cartagena; así mismo, se clasifica con estabilidad dimensional muy alta. Las propiedades mecánicas según la clasificación de las normas americanas ASTM, muestran que la madera presenta una resistencia media a la flexión, cizallamiento y a la resistencia a compresión paralela y perpendicular a las fibras; indicando que esta madera puede llegar a soportar cargas moderadas.*

## ABSTRACT

*A research on the physical – mechanical wood properties of the Uraco species (*Ocotea brevipetiolata*) was carried out in the Sibundoy municipality, Putumayo department, whose objective was to determine its importance from its quality and usefulness in the production of different products. Trials on physical properties such as density and shrinking, and mechanical properties such as flexion, shearing, parallel and perpendicular to the fiber compression were performed, taking into account the standards established by Instituto Colombiano de Normas Técnicas; protocols were adjusted according to the trial conditions and methodology included field works, lab assays and information processing. The obtained results show that *Ocotea brevipetiolata* has a basic density of 0,538 g/cm<sup>3</sup>, which can be considered as a median to slightly heavy wood, ranking it into the structural group ‘C’, according to the Junta del Acuerdo de Cartagena; classification; likewise, it is ranked with a very high dimensional stability. According to the American Standards ASTM, mechanical properties show that this wood has medium strength for flexion, shearing and parallel and perpendicular to the fiber compression, indicating that this wood can withstand moderate loads.*

### **PALABRAS CLAVE:**

Densidad, Contracción, Resistencia, Esfuerzo.

### **KEYWORDS:**

Density, Contraction, Resistance, Effort.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Densidade, Contração, Resistência, Esforço.

## RESUMO

*Realizou-se a investigação das propriedades físicas e mecânicas da madeira das espécies Uraco (*Ocotea brevipetiolata*) no município de Sibundoy, Putumayo, cujo objetivo era determinar sua importância desde a sua qualidade e utilidade na elaboração de produtos diferentes. Foram feitos vários ensaios em relação à densidade física e propriedades de encolhimento e propriedades mecânicas, tais como flexão, cisalhamento, paralelo de compressão e perpendicular à fibra, enquanto ao estabelecido pelo Instituto Colombiano de Normas Técnicas; os protocolos foram ajustados de acordo com as condições do estudo e os procedimentos incluíram trabalhos de campo, testes em laboratório e processamento de informações. Os resultados mostram que a espécie *Ocotea brevipetiolata* apresenta uma densidade básica (0,538 g/cm<sup>3</sup>), considerada como um meio e madeira levemente pesada, classificadas dentro do grupo estrutural “C”, em conformidade com a classificação do Comitê do acordo de Cartagena; Da mesma forma, é classificada com muito alta estabilidade dimensional. As propriedades mecânicas, de acordo com a classificação das normas ASTM americanas, mostram que a madeira apresenta uma resistência média de flexão, cisalhamento e a resistência à compressão paralela e perpendicular às fibras; indicando que esta madeira pode suportar cargas moderadas.*

## INTRODUCCIÓN

Colombia posee grandes áreas con bosques naturales, en los cuales se encuentran valiosas especies vegetales. Dentro de estas áreas boscosas, las más aprovechadas son aquellas de mayor valor comercial, sin embargo, existen grupos taxonómicos con un gran número de especies no menos importantes, tal es el caso de la especie *Ocotea brevipetiolata* van der Werff, comúnmente llamado Uraco por los habitantes del municipio de Sibundoy en el departamento del Putumayo, lugar en donde se desarrolló el presente estudio.

*Ocotea brevipetiolata* es una especie a la que se le conoce muy poco los aspectos fisiológicos, taxonómicos, fenológicos y especialmente sus propiedades físicas y/o mecánicas. El conocimiento de los bosques de Uraco a nivel nacional es muy escaso, su uso se limita a la elaboración de muebles y estructuras de construcción, por lo que la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, permitió contar con información adecuada y cuantificable sobre especie. El presente estudio permitió conocer la calidad de la madera de esta especie, con el fin de determinar la mejor utilización en la elaboración de diferentes productos, lo que podrá llevar a un desarrollo en su industrialización y a un aumento en su valor agregado.

Este estudio es un documento técnico y científico que muestra los resultados del estudio de las propiedades físico-mecánicas de la especie *Ocotea brevipetiolata*, en la región andino-amazónica del municipio de Sibundoy Putumayo. Las pruebas físicas realizadas fueron: densidades, contracciones (radial, tangencial, longitudinal y volumétrica) en los estados: verde, seca al aire y seca al horno (anhidra) y densidad básica (DB), la cual se define como el cociente entre la masa en estado anhidro (madera seca al horno) y el volumen de la madera en estado verde (vv). Las pruebas mecánicas realizadas fueron: flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y cizallamiento; teniendo como referencia la norma NSR-10 de 2010 [1].

El objetivo del estudio fue conocer algunas de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de la especie Uraco (*Ocotea brevipetiolata*), en los bosques naturales localizados en el municipio de Sibundoy, Putumayo. Los resultados obtenidos permitirán determinar algunos de los posibles usos de la especie estudiada, representando para los usuarios del bosque natural, un mayor conocimiento de la especie para su utilización racional.

## MÉTODO

### Descripción general de la especie

*Ocotea brevipetiolata* es una especie forestal de alturas que superan los 28 metros, y diámetro normal mayor a 25 centímetros, presenta un fuste cilíndrico liso, con una copa extensa bastante ramificada, la corteza externa lisa sin presencia de exudado, sus hojas son alternas a opuestas o aparentemente verticiladas, simples, enteras, a menudo coriáceas, el haz verde brillante y el envés glauco. Presenta una madera medianamente pesada, la albura es de color amarillo claro, el duramen es de color café generalmente, aunque en algunas ocasiones no se torne muy distinguible [2].

### Recolección de las muestras botánicas para estudio

Se seleccionaron 3 árboles de la especie objeto estudio, los cuales fueron seleccionados con DAP entre 77 y 80 cm y entre 15 y 16 m de altura.

La determinación botánica de las plantas se realizó por medio del estudio de los órganos reproductores. Para esta identificación, la muestra botánica de un individuo arbóreo debe constar de hojas, flores y frutos, si estos elementos se encuentran en el momento de coleccionar la muestra; si no se presentan los tres órganos en la muestra, se debe coleccionar muestras que tengan hojas y flores u hojas y frutos [3].

La recolección de las muestras se realizó siguiendo la metodología propuesta por Gutiérrez (1974) [4]. Dichas muestras coleccionadas carecían de flores y contaban con pocos frutos en el momento de la colecta. Con el fin de lograr su correcta identificación, las muestras fueron preparadas y secadas, utilizando planchas artesanales elaboradas con madera y papel periódico, útiles para este propósito por su facilidad de construcción y fácil manejo dentro y fuera del bosque. La especie se encuentra registrada en algunos de los herbarios más prestigiosos del mundo.

Una vez apeados los árboles se realizó el dimensionamiento de los mismos marcando los puntos cardinales en la sección transversal del fuste del árbol, con el fin de conocer la orientación de extracción del bloque. Se obtuvieron un total de 25 bloques. De cada troza se obtuvo de 3 a 5 bloques, con dimensiones de 14 cm de espesor, 14 cm de ancho, y 2,8 m de longitud en promedio. El material obtenido fue transportado hasta

las instalaciones del aserradero ubicado en el Municipio de Sibundoy (Putumayo), donde se prepararon y procesaron las probetas.

### Preparación del material a ensayar

La preparación del material a ensayar (probetas), se realizó con la colaboración de la empresa Maderas García S.A, localizada en el casco urbano del municipio de Sibundoy, en la cual se realizaron las actividades que se describen a continuación y que permitieron obtener y acondicionar de manera adecuada los listones para las diferentes pruebas realizadas.

**Elaboración de listones.** Se realizó un corte transversal en un extremo de cada tablón para observar los anillos de crecimiento y así, tener un referente para que los planos tangencial y radial de la madera quedarán bien orientados en los listones después del dimensionamiento en una sierra sinfín.

**Acondicionamiento de los listones.** Los listones fueron secados al aire bajo cobertizo en un lugar aireado, para evitar la incidencia directa del sol, para lo cual se empleó el sistema de apilado en caballete, por un tiempo de 30 días.

### Dimensionamiento de probetas

Se dimensionaron 6 probetas para cada ensayo de todo el fuste del árbol, a partir de la selección de 6 listones en las mejores condiciones (libre de grietas, buena condición de sanidad) seleccionándose 25 probetas para cada ensayo físico y mecánico.

**Elaboración de probetas.** Las probetas se elaboraron de acuerdo a las dimensiones propuestas en la Norma Técnica Colombiana (NTC 301 y NTC 3377) y las normas DIN (Deustcher Industrie Normen), para cada tipo de ensayo físico y mecánico de la madera. Las probetas se elaboraron a partir del duramen de cada listón, libre de defectos, con una orientación de las fibras paralela al eje longitudinal y sus anillos de crecimiento orientados paralelamente a una de las caras de las probetas, de acuerdo a los requisitos establecidos.

### Determinación de las propiedades físicas.

**Densidad.** La densidad indica la cantidad de sustancia celular presente en una unidad de volumen de madera. Es por esto que especies con madera densa tienen

resistencias altas y maderas livianas resisten menos que las anteriores [5]. A cada probeta se le midió su longitud, sus dimensiones, el volumen y luego fueron pesadas en la balanza de precisión, con estos valores se determinó primero la densidad seca al aire, seguidamente las probetas fueron introducidas en agua por un tiempo de 4 días para obtener la condición verde; transcurrido este tiempo, se determinó volumen y peso nuevamente para calcular la densidad verde; obtenida la condición verde se colocaron las probetas en el horno a una temperatura de  $102 \pm 3^{\circ}\text{C}$  hasta lograr un peso constante, posteriormente se midieron el volumen y el peso y se obtuvo la densidad seca al horno. Para esta propiedad se tuvo en cuenta lo establecido en la norma NTC 290, Tecnología de la madera.

**Contracción de la madera.** La contracción es la disminución del volumen de la madera ocasionada por la remoción de la humedad por debajo del PSF [6]. Para el presente estudio se determinaron las contracciones: radial, tangencial, longitudinal y volumétrica, de condición verde a condición seca al aire (normal), de condición seca al aire a condición anhidra (parcial) y de condición verde a condición anhidra (total), siguiendo los protocolos de la NTC 701.

### Determinación de las propiedades mecánicas

**Flexión estática.** Los esfuerzos en flexión se producen en cuerpos de gran longitud respecto a las dimensiones de su sección transversal, cuando estos son sometidos a la acción de cargas transversales o normales de su eje longitudinal, de tal manera que tiendan a producir una arqueadura del elemento. Un caso típico es el de la viga [7]. A cada probeta se le midió sus dimensiones y peso; luego se realizó el ensayo conforme al método establecido en la NTC 663. Con los datos obtenidos en este ensayo se calculó: Esfuerzo de las fibras al límite proporcional, Módulo de ruptura y Módulo de elasticidad, utilizando las ecuaciones 1, 2 y 3.

$$E.F.L.P. = \frac{3 \times Pp \times L}{2 \times a \times h^2} \quad (\text{Ec.1})$$

$$M.R. = \frac{3 \times PM \times L}{2 \times a \times h^2} \quad (\text{Ec.2})$$

$$M.E. = \frac{Pp \times L^3}{4 \times d \times a \times h^3} \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

*E.F.L.P.* = Esfuerzo de las fibras la limite proporcional (kg/cm<sup>2</sup>).

*M.R.* = Módulo de ruptura

*M.E.* = Módulo de elasticidad

*Pp* = Carga la limite proporcional (Kg)

*L* = Distancia entre soportes (Cm)

*h* = Espesor de la probeta (Cm)

*PM* = Carga máxima

*a* = Ancho de la probeta (Cm)

*d* = Deformación al límite proporcional (Cm)

**Resistencia a la compresión.** Se distinguen dos tipos de fuerzas de compresión según el sentido de aplicación de la fuerza; compresión paralela y compresión perpendicular a la fibra [8].

**Compresión paralela a las fibras.** A cada probeta se le midieron sus dimensiones y peso; luego se procedió a la realización del ensayo en la maquina universal conforme a la NTC 784 [9]. Con los datos obtenidos en este ensayo se calculó el esfuerzo de las fibras al límite proporcional, el Módulo de elasticidad y la Máxima resistencia a la compresión, utilizando las ecuaciones 4, 5 y 6.

$$E.F.L.P. = \frac{Pp}{A} \quad (\text{Ec.4})$$

$$Max.R. = \frac{Pm}{A} \quad (\text{Ec.5})$$

$$M.E. = \frac{Pp \times L}{A \times d} \quad (\text{Ec.6})$$

Donde

*Max.R* = Máxima resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>).

*Pm* = Carga máxima (Kg)

*A* = Área sección transversal de la probeta antes del ensayo (Cm<sup>2</sup>).

*d* = Deflexión al límite proporcional

**Compresión perpendicular a las fibras.** A cada probeta se le midieron sus dimensiones y peso; luego se procedió a la realización del ensayo en la maquina universal conforme a la NTC 785. Con los datos obtenidos se calculó el esfuerzo al límite proporcional a las fibras, a través de la ecuación 7.

$$E.F.L.P. = \frac{Pp}{A} \quad (\text{Ec.7})$$

**Resistencia al cizallamiento.** El esfuerzo de cizallamiento es una medida de la capacidad de la madera para resistir fuerzas que tienden a producir deslizamientos de un plano interno de la madera sobre su plano adyacente. Los esfuerzos de cizallamiento tienen lugar, en mayor o menor grado, en casi todos los usos de la madera, y se clasifican de acuerdo a la dirección en que la fuerza actúa respecto a los planos estructurales de la madera [10].

**Corte paralelo al grano (Cizallamiento).** Las probetas fueron medidas y pesadas, posteriormente el ensayo se realizó conforme a lo establecido en el reglamento colombiano de construcción sismoresistente NSR-10 y utilizando el método sugerido por la norma NTC 775, utilizando la ecuación 4.

$$FR = 0,58 - 0,58 Db \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

*FR* = Factor de resistencia.

*Db* = Densidad básica.

Cm<sup>2</sup>.

Se ensayaron 3 probetas en el plano de falla tangencial y 3 en el plano falla radial de todo el fuste del árbol.

### **Esfuerzos básicos y de trabajo**

**Esfuerzo básico.** Se conoce como esfuerzo básico la capacidad de la madera ideal, libre de defectos, de soportar elásticamente una carga en forma segura y

permanente, bajo condiciones normales de uso. Este esfuerzo se obtiene dividiendo el valor mínimo probable por un factor que normaliza la duración de la carga a 10 años e incluye un factor de seguridad.

**Esfuerzos de trabajo.** El esfuerzo de trabajo es la capacidad de elementos estructurales de madera de soporta cargas en forma elástica y permanente bajo condiciones normales de uso. El esfuerzo de trabajo se obtiene a partir del esfuerzo básico, aplicando un factor de resistencia para considerar al efecto de los defectos permitidos en una calidad de madera dada. Con los datos obtenidos de cada uno de los ensayos realizados se procedió a determinar el esfuerzo básico. Para la obtención de las fatigas básicas existen diferentes métodos según las normas de cada país. Para este ensayo se tomó como referencia la norma ASTM D245-74 y el método propuesto por Centeno [11].

**Método según la norma ASTM D245-74.** Este método determinó los esfuerzos y fatigas básicas de cada propiedad resistente, tomando como probabilidad razonable la de obtener 5 veces en 100 un valor menor al valor de resistencia mínimo obtenido y aplicando a este valor mínimo un factor que varía entre 1,5 y 5 según sea la propiedad [12].

Método propuesto por CENTENO. El esfuerzo básico se obtuvo dividiendo el valor mínimo probable por un factor que normaliza la duración de la carga a 10 años e incluye un factor de seguridad. Para cada propiedad Centeno establece los factores que se describen en el cuadro 1.

Para determinar los esfuerzos de trabajo se tomó como referencia los factores de resistencia propuestos por Centeno, y por la Junta del Acuerdo de Cartagena.

**Esfuerzos de trabajo aplicando el factor de resistencia propuesto por Centeno.** Los resultados expe-

**Cuadro 1.** Factores de seguridad para esfuerzos básicos por el método de Centeno.

Propiedad	Factor de seguridad
Flexión	Valor mín. módulo ruptura = 2,1
Compresión paralela	Valor mín. resistencia máx. = 2,1
Compresión perpendicular	Valor mín. limite proporcional = 1,5
Cizallamiento	Valor mín resistencia máx. = 3,5

rimenciales obtenidos por Centeno, indican que para madera estructural el factor de resistencia está dado por los siguientes factores:

$FR$  = factor de resistencia

$Db$  = densidad básica

Esfuerzos de trabajo aplicando el factor de resistencia propuesto por la JUNAC (2000) el cual establece que los esfuerzos de trabajo o esfuerzos admisibles, se obtienen modificando las tensiones básicas mediante la siguiente fórmula:

$$F = \frac{FC}{FS \times F.D.C} \times TB \quad (Ec.9)$$

Donde:

$F$  = Esfuerzo admisible  $FC$

$F.C$  = Factor de reducción por tamaño

$F.S$  = Factor de servicio de seguridad

$F.D.C$  = Factor de duración de carga

$TB$  = Tensión básica.

**Cuadro 2.** Factores de reducción según propiedad.

Propiedad	Factores
Flexión	Factor de reducción por tamaño $F.C = 0,80$ Factor de seguridad $F.S = 2,00$ ; Factor de duración de carga $F.D.C = 1,15$
Compresión paralela	Factor de seguridad $F.S = 1,60$ Factor de duración de carga $F.D.C = 1,25$
Compresión perpendicular	Factor de seguridad $F.S = 1,60$
Cizallamiento	Factor de seguridad $F.S = 4,00$

## RESULTADOS

### Propiedades físicas

**Densidad.** De acuerdo con los resultados obtenidos, la madera de la especie *O. brevipetiolata* presenta una densidad básica de 0,54 g/cm<sup>3</sup>, de acuerdo con lo establecido en el reglamento colombiano de construcción sismoresistente – NSR-10. La densidad verde es 0,73 g/cm<sup>3</sup>; presenta también una densidad seca al aire de 0,68 g/cm<sup>3</sup>; según la norma ASTM es clasificada como mediana y una densidad anhidra de 0,59 g/cm<sup>3</sup>; lo que indica que la madera es medianamente pesada según las normas DIN.

Los resultados obtenidos muestran que la madera de *Ocotea brevipetiolata* presenta densidad entre 0,40 g/cm<sup>3</sup> y 0,72 g/cm<sup>3</sup>. Estos resultados, sumados a posteriores estudios sobre durabilidad de la madera, podrían indicar su posible utilización en climas tropicales, siendo necesario que se puedan adelantar dichos estudios de durabilidad natural de la madera de esta especie. La madera de *Ocotea brevipetiolata* pertenece a las denominadas de utilidad general, pues pueden ser usadas como madera de carpintería, mueblería, decorativas y otros. En el cuadro 3 se presenta los resultados obtenidos de las propiedades físicas de la madera.

**Cuadro 3.** Propiedades físicas de la madera de Uraco

Ensayo	Valores		
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )			
Verde	0,730		
Seca al aire	0,684		
Anhidra	0,588		
Básica	0,538		
Contracción	Normal verde a seca al aire (%)	Normal verde a seca al aire (%)	Normal verde a seca al aire (%)
	Longitudinal	0,23	0,22
Radial	2,84	3,43	6,19
Tangencial	3,33	3,40	6,62
Volumétrica	6,32	6,85	13,17
Relación T/R	1,31	1,03	1,07

**Contracción.** Las contracciones longitudinales normal, parcial y total promedio fueron: 0,23%, 0,22 y 0,31 respectivamente. Las contracciones radiales normal, parcial y total promedio fueron: 2,84%, 3,43 y 6,19 respectivamente y las contracciones tangenciales normal, parcial y total promedio fueron: 3,33%, 3,40 y 6,62 respectivamente. Al comparar las contracciones con la especie *Ocotea costulata* Mez de acuerdo con los estudios realizados por Aróstegui y Sato en el año 2013, los resultados son un poco superiores con 3,8% en el plano radial normal y 7,0 en el plano tangencial. En el radial total y en el plano tangencial normal son similares

**Contracción volumétrica.** Los valores obtenidos para la contracción volumétrica parcial son de 6,8% y total de 13,17%; según las normas DIN se clasifican como moderada. De acuerdo a la norma ASTM la contracción total se clasifica como mediana. Teniendo en cuenta esta última norma, la contracción volumétrica total es menor, comparada con otras especies de la misma familia.

**Estabilidad dimensional.** Las relaciones contracción tangencial y radial muestran resultados menores a 1,5, indicando según la norma DIN que la madera es muy estable. Por otro lado al compararla con resultados obtenidos para estudios de otras especies de la misma familia, se observa un mejor comportamiento de la especie en estudio, dando como resultado una mejor estabilidad dimensional para *Ocotea brevipetiolata*.

### Propiedades mecánicas

En el Cuadro 4, se presenta la clasificación de las propiedades mecánicas de la especie *Ocotea brevipetiolata* según la norma ASTM y DIN, considerando el valor promedio general de la especie para cada ensayo, ajustados a un contenido de humedad del 12%.

En general las propiedades mecánicas de la especie *Ocotea brevipetiolata* permiten un comportamiento aceptable, presentando una resistencia mediana a las cargas mecánicas como lo son: flexión estática, compresión tanto paralela como perpendicular y cizallamiento, sobresaliendo entre estas el módulo de elasticidad en la flexión estática. Es importante resaltar que esta madera puede ser usada en estructuras que no requieran soportar grandes cargas o grandes esfuerzos, además en marcos de puertas, ventanas, forros para cielo rasos, paredes; molduras, barandas de escaleras, pisos entre otros.

**Cuadro 4.** Propiedades mecánicas de la especie

Ensayo	Yi	Clasificación	
		ASTM	DIN
Flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )			
Esfuerzo de las fibras al límite proporcional (E.F.L.P)	626	Mediano	
Módulo de ruptura (M.R)	990	Mediano	Bajo
(Módulo de elasticidad M.E)	164539	Alto	
<b>Compresión paralela (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
Esfuerzo de las fibras al límite proporcional (E.F.L.P)	325	Mediano	
Módulo de ruptura (M.R)	574	Mediano	Mediano
(Módulo de elasticidad M.E)	250432		
<b>Compresión perpendicular (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
Esfuerzo de las fibras al límite proporcional (E.F.L.P)	81	Mediano	Mediano
<b>Cizallamiento (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
Esfuerzo de las fibras al límite proporcional (E.F.L.P)	90	Mediano	Mediano

**Usos.** Los resultados obtenidos muestran que la madera *Ocotea brevipetiolata* posee gran belleza natural. Así mismo, los usos posibles de la madera es en la construcción de viviendas, muebles (línea del hogar), ebanistería, obras de tallar, machihembrado, puertas, ventanas, marcos, molduras, estantes, instrumentos musicales, forros para cielo rasos y paredes, molduras de barandas y pasamanos, tapamarcos, cabos para herramienta, zócalos y contrazócalos entre otros.

#### Esfuerzos básicos y de trabajo

De acuerdo con los resultados del análisis de los esfuerzos básicos y de trabajo da como resultado que la madera de la especie *Ocotea brevipetiolata* presenta

un buen comportamiento para el uso en vigas, viguetas, cerchas. Sin embargo, no es recomendable la utilización de dicha madera para columnas.

Resultados del esfuerzo básico de acuerdo a la norma ASTM D245-74, al método propuesto por Centeno y los resultados del esfuerzo de trabajo haciendo referencia a los factores de resistencia propuestas por centeno y por la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC), cada uno de estos métodos determinados para las 4 propiedades estudiadas [10]. Los resultados del esfuerzo básico y de trabajo se presentan en el cuadro 5.

Los valores de las propiedades físicas y mecánicas a los diferentes esfuerzos han sido interpretados de acuerdo a las especificaciones establecidas por Junta del Acuerdo de Cartagena JUNAC, las Normas ASTM y DIN respectivamente.

De acuerdo con los resultados de las propiedades físicas, la madera de *Ocotea brevipetiolata* posee una densidad básica media, clasificada por la JUNAC como madera medianamente pesada, poco durable y utilizada para uso generales. Resultados similares en cuanto a la densidad básica y contracción se obtuvieron en estudios realizados por Aróstegui y Sato en el año 2013 para la especie *Ocotea costulata* Menz, perteneciente a la misma familia LAURACEAE.

En cuanto a las propiedades mecánicas de la especie *O. brevipetiolata*, los resultados de los ensayos o pruebas de flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y cizallamiento, se clasifican de mediano a bajo de acuerdo a las normas ASTM y DIN.

**Cuadro 5.** Esfuerzo básico y de trabajo.

Propiedad	Esfuerzo básico		Esfuerzo de trabajo	
	ASTM	Centeno	JUNAC	
			Esfue	Grp
Flexión	144	258	196	A
Compresión paralela	201	177	117	B
Compresión perpendicular	52	42	32	B
Cizallamiento	10	11	14	A

Los resultados de las propiedades mecánicas obtenidos deberán ser complementados con la información del estudio de las propiedades físicas, comportamiento al secado, a la trabajabilidad, a la preservación y durabilidades naturales y utilizadas, para determinar la aptitud de uso de la madera.

La realización de gran número de ensayos permite determinar con exactitud las propiedades de la madera y, al mismo tiempo, conocer el comportamiento de la variabilidad. Desde un punto de vista tecnológico esto permite conocer mejor las propiedades de la madera y diseñar procesos productivos para obtener productos de calidad homogénea.

## CONCLUSIONES

Según su densidad, la madera de *Ocotea brevipetiolata*, es clasificada como mediana a medianamente pesada y su utilidad general puede ser como madera de carpintería, mueblería, elementos decorativos entre otros.

Los resultados de las contracciones muestran que la madera presenta una estabilidad dimensional alta, característica indispensable para la fabricación de mueblería fina, correspondiendo a una madera de gran calidad.

Las propiedades mecánicas pertenecientes a la especie *O. brevipetiolata* corresponde a una madera con resistencia media a la flexión, cizallamiento y a la resistencia a compresión paralela y perpendicular; indicando que esta madera puede llegar a soportar cargas moderadas.

Según la densidad básica la madera es considerada por la JUNAC en el grupo estructural "C"; según los esfuerzos admisibles a la flexión y cizallamiento pertenecen al grupo estructural "A" y según la compresión paralela y perpendicular se ubica en el grupo "B"; lo que indica que la resistencia a la flexión y cizallamiento es mejor que la resistencia a la compresión, por lo anterior se podría inferir que la madera presenta un uso potencial para vigas y no para columnas.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación se realizó con el apoyo de la Alcaldía municipal de Sibundoy, Departamento del Putumayo y la valiosa colaboración del laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

## REFERENCIAS

- [1] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Título G – Estructuras de madera y estructuras de Guadua. Bogotá (Colombia): 2010, 158 p.
- [2] REYES, E., MOLINA, M., VALERO, S., MOLINA, Y. y BETANCOURT, J. Propiedades físicas de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, resinado y no resinado de las plantaciones de Uverito (Monagas, Venezuela). Revista Forestal Venezolana, 56(1), 2012, p 21-28.
- [3] AMBROZ, D. Guía de identificación de plantas nativas. Illinois (USA): Departamento de Recursos Naturales, Programa de Gestión Costera, Roots Neighborhood Habitat, 2014, 37 p.
- [4] GUTIERREZ, G. Manual práctico de botánica taxonómica. Medellín (Colombia): Universidad Nacional Sede Medellín, Facultad de Ciencias Biológicas Agrícolas 1974.
- [5] HENRY, C.P., GARCÍA, M., BERRIOS M. y SOLANO, A. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de la especie *Khaya nyasica* stapf en tres edades de plantación. Revista Forestal Baracoa, 31(2), 2012, p. 83-89.
- [6] MINISTERIO DE AGRICULTURA DE PERÚ. Estudio de las propiedades mecánicas de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Lima (Perú): Dirección General de Bosques y Fauna Silvestre – Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), 2013, 51 p.
- [7] BARRETO J. Estudio de propiedades físico mecánicas (corte y flexión) de la especie de madera tropical Teca (*Tectona grandis*) en el sistema de laminado pegado estructural [Tesis de Maestría en construcción]. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, 2013, 194 p.
- [8] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC). NTC Maderas. Determinación de la resistencia a la compresión axial o paralela al grano, resistencia a la compresión perpendicular al grano y resistencia al cizallamiento paralelo al grano. Bogotá (Colombia): 1974, 5 p.
- [9] ARDILA, C. Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima [Tesis de Maestría en construcción]. Bogotá (Colombia):

- Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, 2013, 106 p.
- [10] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC): NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 290. Maderas. Determinación del peso específico aparente. Bogotá (Colombia): 1974.
- [11] LONDOÑO, A. Introducción a la ingeniería de la madera. Ibagué (Colombia): Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal, 2002.
- [12] COLOMBIA. JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. Las propiedades mecánicas según la clasificación de las normas de la Sociedad Americana para Ensayos de Materiales (ASTM). Lima (Perú): 2000, 591 p.