

Aptitud de uso del ulcumano (*Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page), procedente de una plantación de 32 años, mediante la caracterización tecnológica y anatómica

Aptitude of use of ulcumano wood (*Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page), from a 32-year-old plantation, through technological and anatomical characterization

Haru A. García Meza¹, Sheyla Y. Chumbimune Vivanco², Moisés P. Acevedo Mallque³,
Manuel Chavesta Custodio³, José E. Cuellar Bautista² y Evelin J. Salazar Hinostraza²

Resumen

En el presente estudio se evaluaron las propiedades físicas - mecánicas y se realizó la caracterización anatómica de la madera de ulcumano (*Retrophyllum rospigliosii*), procedente de una plantación de 32 años de edad bajo un sistema agroforestal con café, en Villa Rica, Pasco. Se identificó su aptitud de uso y se analizó la variación de las propiedades físicas-mecánicas y las características anatómicas en tres niveles del eje longitudinal. Las probetas y los ensayos fueron realizados de 5 árboles con un diámetro y altura promedio de 25,6 cm y 25,8 m respectivamente, de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas para las propiedades físicas y mecánicas, y la norma de Procedimientos en estudios de anatomía de la Madera IBAMA para las evaluaciones anatómicas. Los resultados obtenidos mostraron que flexión estática (ELP y MOR), contracción tangencial y volumétrica total presentan diferencia significativa en cuanto a los niveles de corte. Las ecuaciones de regresión demostraron que la densidad básica es un buen estimador para predecir la resistencia a la dureza y el módulo de ruptura en flexión estática. En la relación entre las características anatómicas y las propiedades físicas, los coeficientes de correlación son bajos, atribuyendo la variación de las propiedades físicas a otros factores distintos a la anatomía de la especie, que pueden ser explicados por la posición de la probeta y la presencia de madera juvenil, entre otras causas. Los valores promedios de las propiedades físicas y mecánicas de la madera en estudio al ser comparadas con valores provenientes de bosque natural resultaron menores. Por los resultados obtenidos en densidad, contracción volumétrica y resistencia mecánica, la especie fue clasificada en el grupo II en la categoría baja. Finalmente, los usos que se recomiendan son: carpintería de obra, muebles y ebanistería, trabajos de carpintería, mangos de herramientas y artículos deportivos, instrumentos científicos y profesionales, cajonería, laminado y como material para pulpa.

Palabras clave: ulcumano; anatomía de la madera; conífera; propiedades físicas; propiedades mecánicas; plantación forestal.

¹ Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Perú. E-mail: harugarciam@gmail.com

² Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Perú.

³ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Abstract

In the present study, the mechanical - physical properties and the anatomical characterization of ulcumano wood (*Retrophyllum rospigliosii*), from a 32-year-old plantation under an agroforestry system with coffee, in Villa Rica, Pasco, were evaluated. Its aptitude for use was identified and the variation of anatomical characteristics and mechanical - physical properties in three levels of the longitudinal axis were analyzed. The specimens and the tests were made of 5 trees with an average diameter and height of 25,6 cm and 25,8 m respectively, according to the Peruvian Technical Standards for physical and mechanical properties, and the standard of Procedures in studies of IBAMA Wood anatomy for anatomical evaluations. The results obtained showed a static flexion (ELP and MOR), tangential contraction and total volumetric, show significant difference in terms of cut levels. The regression equations showed that the basic density is a good estimator for predicting resistance and modulus of rupture in static flexion. In the relationship between physical characteristics and physical properties, the correlation coefficients found for low levels, attribute the variation of the properties to factors other than the anatomy of the species, which can be explained by the position of the probe and the presence of juvenile wood, among other causes. The average values of the physical and mechanical properties of the wood under study when compared with values from natural forest were lower. For the results obtained in density, volumetric shrinkage and mechanical resistance, the species was classified in group II in the low category. Finally, the recommended uses are: carpentry, furniture and joinery, carpentry work, tool handles and sporting goods, scientific and professional instruments, drawers, laminate and pulp material.

Key words: ulcumano; wood anatomy; conifer; physical properties; mechanical properties; forest plantation.

Introducción

A nivel mundial, la tendencia se orienta a la utilización de maderas procedentes de plantaciones como consecuencia de la escasez de especies comerciales en el bosque natural, por lo que es necesario generar mayor conocimiento sobre las especies instaladas en plantaciones. Para atribuir un uso adecuado a una especie es necesario conocer las propiedades físicas y mecánicas así como la anatomía de la madera, ya que ésta varía al interior y entre árboles en una misma especie, siendo el resultado de los patrones del crecimiento, las influencias ambientales y factores genéticos (Arroyo 1983, Panshin y De Zeeuw 1980).

La densidad básica es considerada como el mejor indicador de calidad de madera por su fácil determinación y por presentar correlación con las demás propiedades, lo que permite predecir las posibilidades de uso (Rall 2006, Figueroa 2007). La variación de la madera dentro de los árboles se da de manera longitudinal

y axial, Panshin y De Zeeuw (1980) mencionan que axialmente las dimensiones de las traqueidas aumentan en la base del tronco y disminuyen hacia la punta, con respecto a la variación del peso específico la tendencia más común es la disminución hacia el ápice (Arroyo 1983). Por su parte, Jost (2006) y Hillig *et al.* (2011) encontraron esta tendencia en *Araucaria angustifolia*, mientras que Vásquez (2010) encontró varias tendencias de variación en elementos anatómicos y densidad básica para el *Retrophyllum rospigliosii*, entre ellas aumento de la base hacia la parte media y luego disminución. Según Haygreen y Bowyer (1982) la pared celular, densidad y contenido de humedad son factores que afectan las propiedades de la madera.

Arroyo (1983) señala que los defectos en la madera producto del crecimiento del árbol como los nudos, grano inclinado, madera juvenil y madera de reacción disminuyen su resistencia. La madera de plantación presen-

ta mayor porcentaje de madera juvenil, extendiéndose fuera de la médula (Jost 2006). Además Díaz-Vaz (1981) y Pires de Moura *et al.* (2012) señalan que las coníferas presentan menor densidad básica, paredes más delgadas, traqueidas más cortas con mayores ángulos de fibrillas, mayor contracción longitudinal, si se compara con madera madura, más alejada del centro del árbol. También características diferentes en cuanto a la de reacción, al respecto Vignote y Martínez (2006) indican que esta irregularidad de crecimiento se produce cuando no existe excentricidad de la médula, estando el árbol sometido a un esfuerzo asimétrico lo que origina células denominadas de compresión en coníferas, caracterizándose por ser más pequeñas y redondeadas, mayor espesor de la pared, sobre todo en la capa intermedia con gran contenido de lignina, la madera es más pesada y resistente a la compresión pero menos a la tracción, y más frágil.

Estudios anteriores en el país han evaluado sólo una pequeña fracción de especies maderables comerciales procedentes del bosque, por lo que urge mayor información de otras especies en plantaciones, como es el caso del ulcumano, conífera nativa. El ulcumano reportado por Weberbauer citado por Amaya (1985) como único género de Podocarpus en el Perú de la clase de las coníferas, se distribuye en la ecorregión Ceja de Selva de bosques maduros, montanos nublados, entre los 1400 a 1500 msnm, reportado en Cajamarca, Pasco y Junín. Aróstegui y Sato (1968) determinaron una densidad básica de $0,41 \text{ g/cm}^3$ para el ulcumano procedente de bosque natural siendo clasificado por Aróstegui (1982) como una especie de densidad media y de baja resistencia mecánica. Por ello el ulcumano puede utilizarse en muebles y ebanistería, construcción estructural, trabajos de carpintería, cajonería, la parte terminal del fuste convenientemente tratada en postes de cercos; juguetería y como materia prima para la fabricación de pulpa para papel.

El objetivo principal de la presente investigación fue determinar las propiedades físicas, mecánicas y la caracterización anatómica de la

madera de ulcumano proveniente de una plantación de 32 años asociada con café en Villa Rica – Pasco; los objetivos secundarios fueron: analizar la variación de las características anatómicas y de las propiedades físicas-mecánicas en tres niveles del fuste, comparar sus propiedades con la madera del bosque natural, relacionar el comportamiento físico y mecánico con la anatomía y finalmente proponer las aptitudes de uso.

Materiales y Métodos

Lugar de estudio y ejecución de los ensayos

En el Fundo San Gerónimo, distrito de Villa Rica, departamento de Pasco, entre los paralelos $10^{\circ}10'$ y $10^{\circ}48'$ de latitud sur y meridianos $75^{\circ}10'$ y $75^{\circ}26'$ de longitud oeste y luego en el Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima), entre los meses de febrero a noviembre del 2016.

Colección y selección de muestras

Se seleccionó 5 árboles según la Norma Técnica Peruana 251.008 “Selección y colección de muestras”. Se cortaron 3 trozas de 3 m cada una, correspondientes a la parte basal, media y apical, codificadas con las letras A, B y C respectivamente. Las probetas fueron elaboradas y ensayadas en condición verde según las Normas Técnicas Peruanas de cada ensayo. El estudio anatómico se realizó en base a la Norma de procedimientos en estudios de anatomía de la Madera, IBAMA (1991). La medición se realizó con el programa LAZ Leica Application y un proyector de láminas para la longitud de las traqueidas.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa InfoStat y SAS para el análisis estadístico de los resultados. Se realizó un Análisis de Varianza (ANVA) y prueba de Tukey utilizando el modelo de Diseño Completamente al Azar (DCA). Además se analizó la correlación y regresión entre la densidad básica y las propiedades físicas y mecánicas.

Elemento anatómico		Unidades	Niveles			CV %	Especie	
			Base	Medio	Apical	entre niveles	Promedio	CV %
Traqueidas	Longitud	µm	4910	5024	4577	7,85	4837	8,30
	Diámetro	µm	43	45	44	5,50	44	5,70
	Espesor de pared	µm	4,2	4,1	3,8	10,07	4,0	10,20
	Diámetro de lumen	µm	34,3	37,2	36,8	6,10	36,1	6,70
Radios	Altura	µm	168	149	153	7,89	157	9,20
	Ancho	µm	11	12	11	9,39	11	9,20
	N° células en Altura	-	9	8	8	8,33	8	9,40
	N° células en Ancho	-	1	1	1	0,00	1	0,00
	N°/ mm lineal	-	7	7	7	7,31	7	8,40

Cuadro 1. Mediciones de los elementos xilemáticos y coeficiente de variación por nivel y para la especie.

Resultados

Anatomía de la madera

Caracterización anatómica: seca al aire no hay diferencia entre albura y duramen; color amarillo 10YR 8/6. Anillos de crecimiento ligeramente diferenciados por bandas claras. Olor no distintivo. Grano recto, textura fina y brillo medio. Veteado en arcos superpuestos y bandas paralelas.

Características microscópicas: anillos de crecimiento indistintos. En sección transversal las traqueidas axiales son de forma cuadrangular a hexagonal (Figura 1). Punteaduras areoladas uniseriadas en sección radial (Figura 2). Longitud promedio de traqueidas de 4837 µm, clasificada como medianas según el IAWA

(2004). Diámetro promedio de 44 µm. Espesor de la pared celular promedio de 4 µm, diámetro del lumen de 36,1 µm. Parénquima difuso con contenido de resina. Radios homogéneos uniseriados, ancho de 11 µm clasificados como muy finos, altura promedio de 157 µm, clasificados como medianos y con 8 células en altura y 7 radios por mm lineal. Puntuaciones del tipo taxodiode en el campo de entrecruzamiento, con escasa presencia del tipo cupresoide (Figura 3).

En los elementos xilemáticos, en el caso de la longitud de traqueidas, diámetro y diámetro de lumen existe la tendencia a aumentar del nivel basal a la parte media para luego disminuir en el nivel apical; en el caso del espesor de pared se observa una tendencia de disminución con la

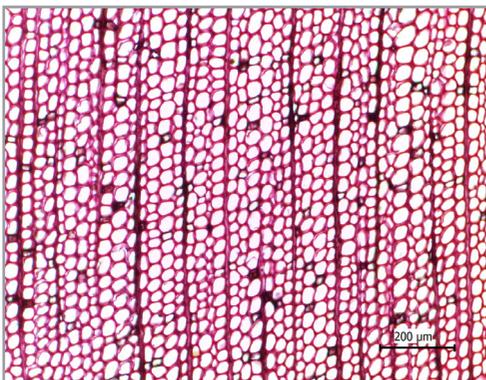


Figura 1. Sección transversal de *Retrophyllum rospigliosii*.

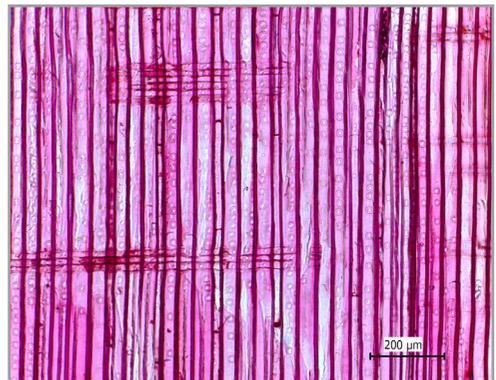


Figura 2. Sección radial de *Retrophyllum rospigliosii*.

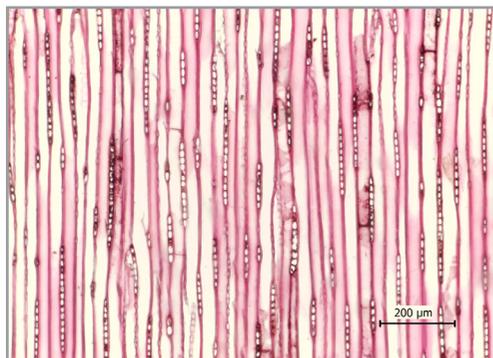


Figura 3. Sección tangencial de *Retrophyllum rospigliosii*.

altura. Respecto a los coeficientes de variación entre niveles y para la especie todos son bajos (Cuadro 1).

Según el análisis de varianza la altura de radios fue la única característica que presentó diferencias significativas, la prueba de Tukey muestra diferencias entre los niveles medio y apical (Cuadro 2).

Propiedades físicas

La densidad básica promedio es 0,35; clasificada en el grupo 2 (densidad de 0,30 – 0,40) como una madera de densidad baja (Aróstegui 1982); densidad anhidra es de 0,38 g/cm³. El contenido de humedad promedio fue de

Elemento anatómico		Significancia	Prueba Tukey
Traqueidas	Longitud	N.S.	
	Diámetro	N.S.	
	Espesor de pared	N.S.	
	Diámetro de lumen	N.S.	
Radios	Altura	*	B_C_A
	Ancho	N.S.	
	Nº células en Altura	N.S.	
	Nº células en Ancho	-	
	Nº/ mm lineal	N.S.	

Cuadro 2. Análisis de varianza de los elementos anatómicos en tres niveles de corte. Donde: N.S.= No significativa y *= Significativa.

120,36 %. Respecto a las contracciones totales los resultados son: volumétrica 9,01%; tangencial 5,98%; radial 2,91%; longitudinal 0,32% y relación T/R 2,12.

En la densidad, contenido de humedad y contracción volumétrica se observó la misma tendencia que las características anatómicas,

Propiedades físicas	Unidades	Niveles			CV% entre niveles	Especie	
		Base	Medio	Apical		Promedio	CV%
Contenido de humedad saturado	%	112,36	138,05	110,69	12,74	120,37	25,85
Contenido de humedad seco al aire	%	14,86	14,89	14,82	0,24	14,86	3,18
Densidad anhidra	g/cm ³	0,38	0,39	0,38	1,51	0,38	9,18
Densidad básica	g/cm ³	0,34	0,35	0,35	1,67	0,35	8,72
Contracción volumétrica total	%	9,23	9,45	8,34	6,53	9,01	13,98
Contracción tangencial total	%	6,24	6,25	5,45	7,68	5,98	13,85
Contracción radial total	%	3,03	2,84	2,85	3,68	2,91	16,38
Contracción longitudinal total	%	0,32	0,27	0,36	14,24	0,32	62,22
Relación T/R	-	2,12	2,27	1,98	6,83	2,12	10,4

Cuadro 3. Valores promedios de las propiedades físicas y su coeficiente de variación por nivel y para la especie.

Propiedades físicas	Significancia	Prueba de Tukey
Contenido de humedad saturado	N.S.	
Contenido de humedad seco al aire	N.S.	
Densidad anhidra	N.S.	
Densidad básica	N.S.	
Contracción volumétrica total	N.S.	
Contracción tangencial total	*	C_B_A
Contracción radial total	N.S.	
Contracción longitudinal total	N.S.	
Relación T/R	N.S.	

Cuadro 4. Análisis de varianza de las propiedades físicas en tres niveles de corte. Donde: N.S.= No significativa y *= Significativa.

de aumentar de la base a la parte media y disminución hacia el ápice (Cuadro 3). Los coeficientes de variación entre niveles fueron bajos, sin embargo el mayor valor se presentó en la contracción longitudinal con 62,22% y menor en el contenido de humedad seco al aire con 3,18%. Se encontraron diferencias significativas entre niveles en la contracción tangencial, la prueba de Tukey demostró diferencias entre el nivel apical y basal (Cuadro 4).

Propiedades mecánicas

Para flexión estática, compresión paralela y cizallamiento (radial) presentan una tendencia de disminución de la resistencia mecánica desde la base hacia la parte media, para luego volver a incrementarse en el ápice (Cuadro 5). Este comportamiento es estadísticamente significativo (Cuadro 6) solo en flexión, la prueba de Tukey, permite afirmar que existe una diferencia marcada entre el nivel A (basal) con el nivel B (medio). La variabilidad en los esfuerzos de flexión estática (MOE) con 20,8%, compresión paralela (ELP y MOE) 17 y 18,1% respectivamente, tensión perpendicular (radial) con 17,7% y tenacidad con 19,5% es alta.

Propiedad Mecánica	ANOVA	Prueba Tukey	
Flexión Estática	ELP	*	B_C_A
	MOR	**	B_C_A
	MOE x 1000	N.S.	
Compresión paralela	ELP	N.S.	
	RM	N.S.	
	MOE x 1000	N.S.	
Compresión perpendicular	ELP	N.S.	
Dureza	Extremos	N.S.	
	Lados	N.S.	
Tensión Perpendicular	Tangencial	N.S.	
	Radial	N.S.	
Clivaje	Tangencial	N.S.	
	Radial	N.S.	
Cizallamiento	Tangencial	N.S.	
	Radial	N.S.	
Tenacidad	Tangencial	N.S.	
	Radial	N.S.	

Cuadro 6. Análisis de varianza de las propiedades mecánicas en tres niveles de corte.

Análisis de correlación

En los coeficientes de correlación (Cuadro 7) encontramos los valores más altos en la relación densidad - dureza con un coeficiente de 0,67 y flexión estática (MOR) con 0,65, estos coeficientes son altos de acuerdo a la clasificación de Calzada (1982). Los coeficientes de determinación fueron bajos, a excepción de dureza y MOR, donde el coeficiente indica que la densidad básica explica el 45% y 42% del valor respectivamente. Los valores más bajos corresponden a compresión perpendicular con 17% y contracción volumétrica con 9,3 %.

Comparación con madera de bosque natural

Los valores promedios obtenidos procedente de plantación son inferiores a los del bosque natural (valores ajustados al 30% de contenido de humedad), a excepción de la relación T/R con 2,12, compresión perpendicular con 20,56 kg/cm² y cizallamiento con 48,96 kg/cm² (Figura 4 y 5).

Propiedades Mecánicas	Unidades	ALTURAS									CV% entre niveles	Valores promedios de la especie		
		Nivel A			Nivel B			Nivel C				Promedio	CV (%)	
		Promedio	CH (%)	DB	Promedio	CH%	DB	Promedio	CH %	DB				
Flexión Estática	kg/cm ²		105,6	0,35		91,4	0,32		101,2	0,32		11,89	146,7	14,2
ELP		159,4			129,2			151,5						
MOR		331,7			256,4			302,3						
MOE x 1000		75,5			60,8			69,7						
Compresión paralela	kg/cm ²		123,8	0,34		117,6	0,34		117,9	0,33		16,65	110,6	17
ELP		120,4			101,7			109,6						
RM		158,9			153,5			163,2						
MOE x 1000		69,6			63,8			68,1						
Compresión perpendicular	kg/cm ²		115,6	0,34		123,7	0,33		130,7	0,35		7,93	20,6	7,6
ELP		20,3			20,2			21,2						
Dureza	kg/cm ²		103,9	0,33		119,5	0,33		119,3	0,34		9,07	215,1	9,4
Extremos		203,1			218,7			223,6						
Lados		185,2			189,5			183,6						
Tensión Perpendicular	kg/cm ²		90,3			113,2			93,9			19,03	14,7	10,4
Tangencial		19,9			20,8			20						
Radial		14,3			14,8			14,8						
Clivaje	kg/cm		121,7			107,3			121,1			9,15	22,5	10,5
Tangencial		30,5			30,3			32,5						
Radial		22,9			23,6			21						
Cizallamiento	kg/cm ²		128,4			110,5			95,5			5,56	43,5	10,6
Tangencial		56,8			53,5			53,1						
Radial		44,2			42,8			43,4						
Tenacidad	kg - m		118,6	0,36		90,7	0,34		76,2	0,33		12,64	1,5	14,4
Tangencial		1,6			1,4			1,4						
Radial		1,4			1,3			1,2						

Cuadro 5. Valores promedios de las propiedades mecánicas y su coeficiente de variación por nivel y para la especie.

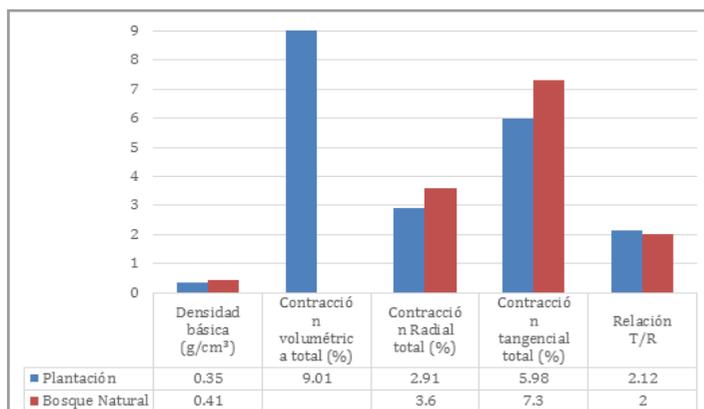


Figura 4. Comparación de las propiedades físicas del ulcumano procedente de plantación de 32 años y bosque natural.

Propiedad físicas y mecánicas		Coefficiente de Correlación (r)	Coefficiente de Determinación (r ²)	Ecuación Lineal
Contenido de humedad		0.58	0.34	CH= 0.29 + 0.000524 DB
Contracción volumétrica total		0.31	0.093	CVT= 4.34 + 13.38 DB
Contracción tangencial total		0.53	0.25	CTT= -37.95 + 253.90 DB - 363.85 DB ²
Contracción radial total		0.39	0.15	CRT= -20,24 + 132,49 DB - 188,05 DB ²
Contracción longitudinal		0.46	0.21	CLT= -0.88 + 3.44 DB
Flexión Estática	ELP	0.42	0.18	ELP = -6.92 + 463.6 DB
	MOR	0.65	0.42	MOR = - 97.9 + 1191.3 DB
	MOE	0.28	0.08	MOE = - 5148.1 + 222751 DB
Compresión Paralela	ELP	0.42	0.18	ELP = -80.76 + 568.25 DB
	RM	0.43	0.19	RM = 20.84 + 407.68 DB
	MOE	0.41	0.17	MOE = -34848 + 303491 DB
Compresión Perpendicular	ELP	0.41	0.17	ELP = 6.59 + 40.6 DB
Dureza	Extremos	0.67	0.45	Dur. Extre. = - 108.13 + 1731.9 DB
	Lado	0.67	0.45	Dur. lados = - 138.5 + 1631.4 DB
Tenacidad		0.56	0.31	Tenacidad = -1.53 + 8.43 DB

Cuadro 7. Coeficiente de determinación, coeficiente de correlación y ecuación de regresión entre densidad básica y las propiedades físicas y mecánicas de ulcumano.

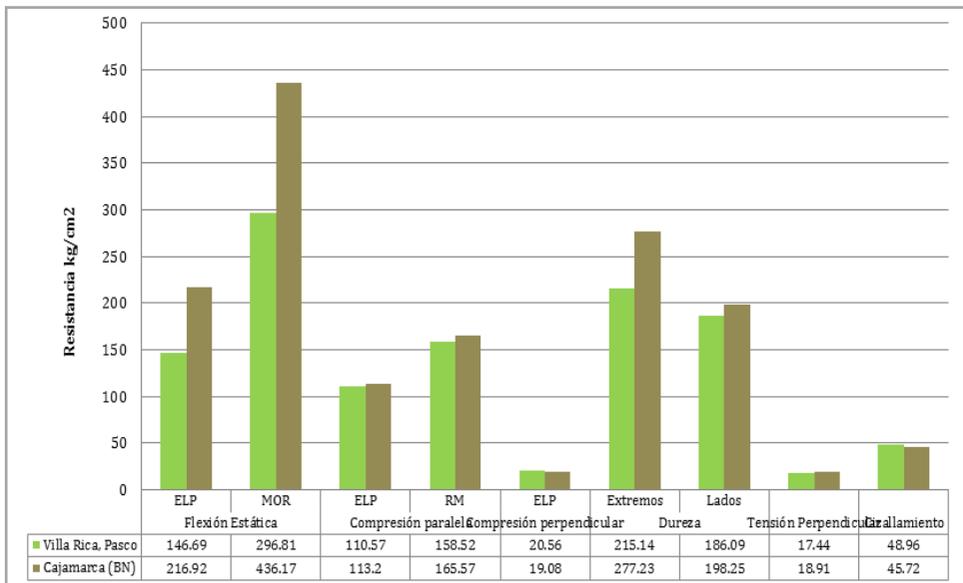


Figura 5. Comparación de las propiedades mecánicas del ulcumano procedente de una plantación de 32 años y bosque natural, en condición verde.

Discusión

En las mediciones promedio de los elementos xilemáticos por nivel, se puede decir que en cuanto a la longitud y diámetro de traqueidas y diámetro de lumen existe la tendencia a aumentar del nivel basal a la parte media para luego disminuir en el nivel apical, tendencia también observada por Vásquez (2010) en su estudio para la misma especie. Respecto al espesor de pared, se observa una tendencia de disminuir con la altura, esto concuerda con Panshin y De Zeuw (1980), quienes sostienen que axialmente las dimensiones de las traqueidas disminuyen con la altura del árbol. Para los radios se observa valores similares en las mediciones, excepto en la altura de los radios.

La tendencia observada en las propiedades físicas también fue reportada por Vásquez (2010) para la misma especie, que difiere de lo sostenido por Arroyo (1983), Jost (2006) y Hillig (2011) quienes señalan que la tendencia más común de variación entre las especies de coníferas es la disminución de la base hasta el ápice.

Respecto a las propiedades mecánicas, resultó estadísticamente significativo para MOR (flexión) lo cual podría explicarse por una disminución en la densidad básica. Mientras que la similitud de los valores promedios del nivel basal con el apical no guarda relación con la densidad básica. Este comportamiento probablemente esté relacionado con las condiciones de crecimiento del árbol.

La tendencia en los valores promedios de resistencia fueron altos en la parte basal, disminuye en la parte media y aumenta en la parte apical, puede ser explicado mediante los resultados obtenidos en el espesor de la pared celular, los cuales presentaron una tendencia similar. Arroyo (1983) menciona que las diferencias en las propiedades mecánicas obedecen a características anatómicas siendo una de ellas el espesor de la pared celular. Sin embargo, las demás características anatómicas obtenidas no guardan relación con las propiedades de resistencia, esto puede ser explicado por la variabilidad existente dentro del árbol. Según Herrera (1987) la variación en un árbol depende de las dimensiones

de las células, variaciones de densidad, composición química, propiedades físicas, madera juvenil y adulta. Cabe señalar que las evaluaciones realizadas no tuvieron diferenciación en la posición radial, por lo que puede explicar las diferentes tendencias en los valores obtenidos. Al respecto, Chambergó (1984) recomienda que las mediciones de los elementos anatómicos deben efectuarse de la misma probeta ensayada en las propiedades físicas y mecánicas, de esta forma se elimina la variabilidad que existe dentro del árbol.

Para el análisis de correlación se consideró a la densidad básica, como variable independiente pues dentro de las propiedades es considerada el mejor indicador de calidad de madera por su fácil determinación y por presentar correlación con las demás propiedades (Rall 2006, Figueroa 2007) y como variables dependientes a las propiedades físicas y mecánicas. Se encontraron coeficientes significativos y positivos, esto nos indica que existe una relación directa entre las variables en estudio, además de acuerdo a la clasificación realizada por Calzada (1982) se encontró valores que van de bajo a alto, dentro de ellos las propiedades de dureza y el MOR en flexión estática son las que presentan mayor coeficiente de correlación de 0,67 y 0,65 respectivamente, estos resultados pueden haberse visto afectados por factores como falta de manejo en la plantación que conlleva a madera con gran presencia de nudos, grano inclinado, madera juvenil y madera de reacción, por lo que Arroyo (1983) afirma que dichos defectos disminuyen la resistencia de la madera.

Al realizar comparaciones de los datos obtenidos con los del bosque natural, se obtuvieron menores valores en la plantación, esto puede deberse a que se desconoce la edad del árbol del bosque, presencia de madera juvenil en los árboles evaluados, esto se justificaría con lo establecido por Diaz-Vaz (1981) y Pires de Moura *et al.* (2012) que sostienen que en la madera juvenil encontramos paredes más delgadas por tanto menor densidad. Otro factor que puede haber influido en los resultados son los escasos tratamientos silviculturales en el caso de la plantación.

De acuerdo a los valores promedios obtenidos en las propiedades físicas y mecánicas para la madera de ulcumano, permiten clasificarla según los criterios de Aróstegui (1982), como una madera de baja densidad, baja contracción y baja resistencia mecánica.

Con el fin de determinar la aptitud de uso, los valores obtenidos en el presente estudio se compararon con otras coníferas de similar densidad básica y propiedades físico mecánicas, tales como: *Pinus duragensis* (0,36g/cm³), *Araucaria angustifolia* (0,38 g/cm³), *Pinus pseudostrobus* (0,38 g/cm³) y *Abies concolor* (0,37 g/cm³). Además teniendo como referencia los usos de ulcumano procedente de bosque natural (0,41 g/cm³), las posibles aptitudes de uso para esta madera son: carpintería de obra, muebles y ebanistería, trabajos de carpintería, artículos deportivos, cajonería, laminado y como material para pulpa.

Conclusiones

La madera de ulcumano es de baja densidad, los valores de los coeficientes de variación de las características anatómicas y de resistencia mecánica permiten considerarla como una madera homogénea. La propiedad mecánica de flexión estática (MOR) así como contracción tangencial total presenta a nivel longitudinal variaciones significativas.

Las características anatómicas de la madera de ulcumano en general presentan una tendencia de aumentar de la base a la parte media para luego disminuir en el ápice.

Las características anatómicas y valores de resistencia de la madera en estudio presenta valores promedios inferiores a la madera de bosque natural.

Las ecuaciones de regresión demuestran que la densidad básica es un buen estimador para predecir la resistencia en módulo de ruptura en flexión estática y la dureza.

Las aptitudes de uso de la madera en estudio son principalmente para carpintería de obra, muebles y ebanistería, trabajos de carpintería, artículos deportivos, cajonería, laminado y como material para pulpa para papel.

Agradecimientos

Agradecimiento especial al Instituto de Innovación Agraria (INIA), al PP - 130 por el apoyo y financiamiento del presente trabajo de investigación.

Bibliografía

Amaya, J. 1985. Tratamientos pre germinativos de *Juglans neotropica* Diels y *Podocarpus rospigliosii* Pilger, en inmersiones de agua y ácido giberélico. Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, PE. 120 p.

Aróstegui, A; Sato, A. 1968. Propiedades físico - mecánicas y usos de dos especies de Podocarpus (*P. rospigliosii* Pilger; *P. montanus* var Meridensis Bucholz y Gray. Revista Forestal del Perú 4 (1-2). 3 p. Lima, PE.

Aróstegui, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002 Fortalecimiento de los Programas de Desarrollo Forestal en Selva Central. Lima, PE. 57 p.

Arroyo, J. 1983. Propiedades físico mecánicas de la madera. Texto para estudiantes de Ingeniería Forestal. Universidad de los Andes, FCF. Mérida, VE. 186 p.

Calzada, B. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Milagros S.A. Lima, PE 644 p.

Chambergro, A. 1984. Influencia de los elementos xilemáticos en las propiedades físico-mecánicas de 45 maderas del Perú. Tesis para optar al título de Ing. Forestal. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 110 p.

Díaz-Vaz J. 1981. Delimitación de madera temprana - tardía y juvenil - madura en pino oregón. Bosque Vol. 4. N° 1. 4 p.

Figueroa, A. 2007. Variación de densidad básica en la madera de *Pinus taeda* L. Tesis para optar al título de Ingeniero en Maderas. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 47 p.

Haygreen, J., Bowyer, J. 1982. Forest products and wood science. An introduction. Iowa, US, The Iowa State University. 495 p.

- Herrera, Z. 1987. Inter-Relación entre la densidad básica y las características anatómicas en tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke) y Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.). Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae en la Especialidad de Industrias Forestales. UNALM. Perú. 218 p.
- Hillig, E; De Oliveira, G; Leonardo, D; Marques, G. 2011. Propiedades físicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em função da posição no fuste para diferentes idades. Universidad Federal de Lavras. Brasil. Cerne 18(2): 257 - 263.
- IAWA (International Association of Woods Anatomists). 2004. IAWA: List of microscopic features for softwood identification. IAWA Journal 25 (1): 1-70.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 1991. Normas de procedimientos em estudios do anatomía do madeira: II. Gimnosperame. Brasil. 5 p.
- Jost, F. 2006. Propiedades físicas y mecánicas de *Araucaria angustifolia* proveniente de plantaciones de Oxapampa. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. UNALM. Perú. 159 p.
- NTP (Norma Técnica Peruana). 1980. Maderas, selección y colección de muestras. NTP 251.008 Lima, Perú. 11 p.
- Panshin A.; De Zeeuw C. 1980. Textbook of wood technology. 4 ed. New York, US, McGraw-Hill. 722 p.
- Pires de Moura G.; Figueredo V.; Durgante E.; Do Nascimento M.; De Rezende M. 2012. Delimitação entre os lenhos juvenil e adulto de *Pinus elliottii* Engelm. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.37, n.1. 191 – 200 p.
- Rall, R. 2006. Influência das características dos anéis de crescimento na densidade, resistência e rigidez da madeira de *Pinus taeda* L. Tesis presentada para optar al título de Maestría en Agronomía. Universidad Estatal Paulista “Júlio De Mesquita Filho”. Brasil. 86 p.
- Vásquez A. 2010. Anatomía de la madera de las podocarpáceas colombianas. Tesis Doctoral. Córdoba, España. Universidad de Córdoba. 147 p.
- Vignote, S; Martinez, I. 2006. Tecnología de la madera. 3 ed. Mundi – Prensa. Madrid, ES. 687 p.

Presentado: 12/11/2017

Aceptado: 10/12/2017