



SUBPROYECTO:

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

ESTUDIO

PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DE LA ESPECIE (“TORNILLO”) *CEDRELINGA CATENIFORMIS* (DUCKE) DUCKE PROVENIENTE DE PLANTACIONES EN FAJAS DEL BOSQUE NACIONAL ALEXANDER VON HUMBOLDT-UCAYALI

ING. FLOR DE LIANA CAROLINA TORRES MEDINA

LA MOLINA AGOSTO DEL 2010

RESUMEN

Se determinan las propiedades físico-mecánicas de la *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke proveniente de plantaciones en fajas del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt en el departamento de Ucayali, y se propone sus aptitudes de uso.

La metodología empleada para la obtención de las probetas para los ensayos físicos y mecánicos se fundamenta en la norma ASTM: D 5536 – 94 (Reapproved 2004), así mismo para la determinación de los resultados de la especie y analizar su variación mecánica a nivel longitudinal se utilizó la norma ASTM: D 143 – 94 (Reapproved 2000), realizándose luego el análisis estadístico respectivo para determinar las diferencias significativas.

Los resultados demuestran para la madera de esta plantación, que no existen diferencias significativas para ninguna de sus propiedades tanto físicas como mecánicas.

Esta madera está considerada como de densidad básica media y resistencia mecánica baja, recomendándose su uso en obras de carpintería, muebles ordinarios y estructuras.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA.....	2
2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	2
2.3 FENOLOGÍA	5
2.4 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT	5
2.5 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	5
2.5.1 <i>Características Generales</i>	5
2.5.2 <i>Características Anatómicas de la Madera</i>	6
2.5.3 <i>USOS</i>	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN	8
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	8
3.2.1 <i>MATERIALES</i>	8
3.2.2 <i>EQUIPOS Y ACCESORIOS</i>	9
3.3 METODOLOGÍA.....	10
3.3.1 <i>UBICACIÓN DE LA ZONA</i>	10
3.3.2 <i>ENSAYOS EXPERIMENTALES</i>	10
3.3.3 <i>CODIFICACIÓN DE PROBETAS</i>	11
3.3.4 <i>PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</i>	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1 PROPIEDADES FÍSICAS	13
4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS	19
4.3 USOS	23
5. CONCLUSIONES	24

Lista de cuadros

Página

CUADRO 1: PROMEDIOS, RANGOS Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS PARA CADA UNA DE LAS ALTURAS DE UN ÁRBOL.....	14
CUADRO 2: VALORES PROMEDIO, INTERVALOS DE CONFIANZA Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN PARA LA ESPECIE...	16
CUADRO 3: COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE EN COMPARACIÓN CON LAS PROPUESTAS POR WOOD HANDBOOK.	17
CUADRO 4: ECUACIONES Y COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN ENTRE LOS CAMBIOS DIMENSIONALES Y LA DENSIDAD BÁSICA.....	18
CUADRO 5: PROMEDIOS, RANGOS Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA CADA UNA DE LAS ALTURAS DE 1 ÁRBOL.....	20
CUADRO 6: VALORES PROMEDIO TOTALES, INTERVALOS DE CONFIANZA Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN PARA LA ESPECIE.....	21
CUADRO 7: COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS, PARA LA ESPECIE Y SU COMPARACIÓN CON LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN SEGÚN WOOD HANDBOOK.	22
CUADRO 8: CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL TORNILLO DE PLANTACIÓN Y TORNILLO DE BOSQUE NATURAL.	22

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1: DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE, <i>CEDRELINGA CATENIFORMIS</i> (DUCKE) DUCKE:.....	4
FIGURA 2: VISTAS MACROSCÓPICAS Y MICROSCÓPICAS DE LA ESPECIE, <i>CEDRELINGA CATENIFORMIS</i> (DUCKE) DUCKE.	7
FIGURA 3: VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD BÁSICA PARA CADA UNA DE LAS ALTURAS DE UN ÁRBOL.	15
FIGURA 4: VALORES PROMEDIO DE CAMBIO DIMENSIONAL PARA CADA UNA DE LAS ALTURAS DE UN ÁRBOL.....	15
FIGURA 5: VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD BÁSICA DE TORNILLO DE PLANTACIÓN Y TORNILLO DE BOSQUE NATURAL.	17
FIGURA 6: VALORES PROMEDIO DE CAMBIO DIMENSIONAL DE TORNILLO DE PLANTACIÓN Y TORNILLO DE BOSQUE NATURAL.	18
FIGURA 7: PROMEDIOS PARA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA CADA UNA DE LAS ALTURAS DE UN ÁRBOL.....	21

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 determinaron las propiedades físico - mecánicas de la especie “Tornillo” (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) de plantaciones en fajas provenientes del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt en Ucayali, dicho estudio se desarrolló en el marco del SUB PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ESTRATEGICA: “Opciones para la promoción e innovación tecnológica de maderas procedentes de plantaciones forestales con especies nativas de la región amazónica”, con lo cual se establecieron sus diferentes aptitudes de uso.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA

- División: Angiospermas
- Clase: Dicotiledoneas
- Orden: Fabales
- Familia: Leguminosae (Mimosoideae)
- Género: *Cedrelinga*
- Nombre científico: *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke
- Sinónimos Botánicos: *Piptadenia catenaeformis* Ducke, *Pithecellobium catenaeformis* (Ducke) L. Cárdenas
- Nombres comunes: “Tornillo”, “Pino peruano”

2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Reynel et. al. (2003) lo describe como un árbol de 0.5-2 m de diámetro y 20-40 m de altura total, con fuste cilíndrico, la ramificación desde el segundo o tercer tercio, la base del fuste recta. La corteza externa agrietada a fisurada, color marrón pardo a rojizo, con placas de ritidoma de unos 3-5 x 8-13 cm. La corteza interna homogénea, color crema a rosado blanquecino, sin secreciones.

Ramitas terminales con sección circular, color marrón claro cuando secas, de unos 5-10 mm de diámetro, lenticeladas, glabras. Hojas compuestas bipinnadas, alternas y dispuestas en espiral, de unos 30-40 cm de longitud, el peciolo de unos 6-30 cm de longitud, las hojas usualmente con 4 pinas, las zonas de articulación de las pinas con una glándula de unos 2-5 mm de diámetro, las láminas foliares ovadas, asimétricas, de unos 4-15 cm de longitud y 2-9 cm de ancho, enteras, el ápice acuminado, la base aguda e inequilátera, la nervación pinnada con 5-7 pares de nervios secundarios, los nervios terciarios muy paralelos y transversales al nervio central, las hojas glabras.

Inflorescencias en panículas de 12-30 cm de longitud conteniendo numerosas cabezuelas agrupadas en manojos, las cabezuelas de 2.5-3.5 cm de longitud con pedúnculos de 1-2 cm de longitud. Flores pequeñas, hermafroditas, de unos 1- 1.5 cm de longitud, actinomorfas, con cáliz y corola presentes, el caliz pequeño, de 1-2 mm de longitud, la corola blanquecina, de 4-5 mm de longitud, tubular, con 5 dientes; androceo con muy numerosos estambres de 1-1.5 mm de longitud, el pistilo único con un estilo largo y estigma obsoleto.

Frutos legumbres muy largas y aplanadas, de 30-40 cm de longitud y 2-3 cm de ancho, con 6-15 semillas, la legumbre estrechada entre las semillas y revirada helicoidalmente.

La Figura 1, ilustra las características botánicas de esta especie.

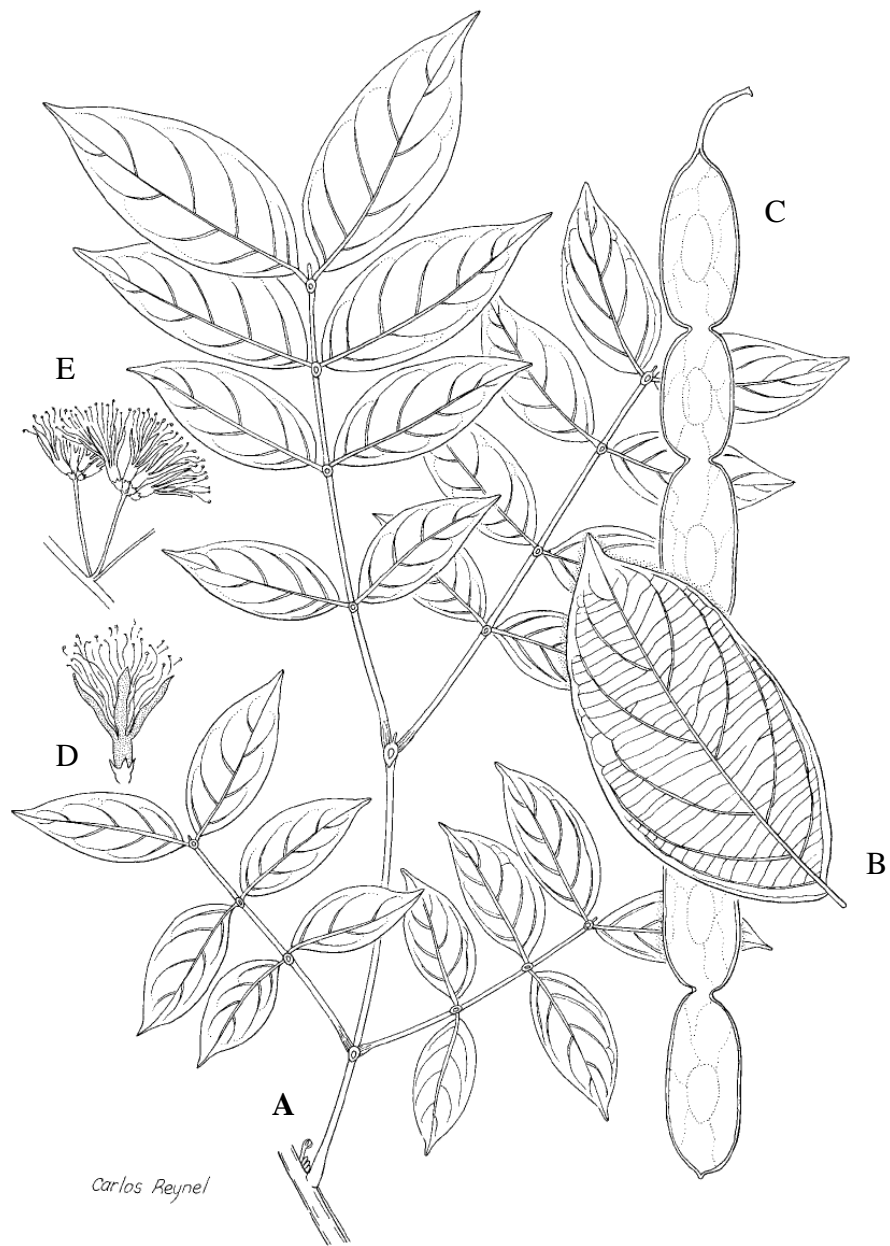


Figura 1: Descripción botánica de la especie, *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke:

A. Ramita con hoja (x 0.5) **B.** Lámina foliar (x 0.5) **C.** Fruto (x 0.5) **D.** Flor (x 2) **E.** Parte de la inflorescencia (x 1)

Fuente: *Reynel, et. al. (2003)*

2.3 FENOLOGÍA

Reynel et. al. (2003), señala que la floración mayormente ocurre a fines de la estación seca, entre Noviembre-Diciembre; la fructificación a inicios de la estación de lluvias, entre Diciembre-Febrero. En la Amazonia Sur del Perú se ha observado que la producción de semillas no siempre es anual. Existen años en que algunos individuos en ciertas localidades no producen frutos; en otros años no ha sido posible encontrar semillas en esta región.

2.4 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

Reynel et al (2003), señala que la especie se encuentra en la región amazónica, en altitudes de hasta 1200 msnm. Se le observa en áreas de pluviosidad elevada y constante; es una especie con tendencia esciófita, presente en bosques primarios, en suelos arcillosos, usualmente ácidos, en zonas bien drenadas y con pedregosidad baja o nula.

2.5 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

2.5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Acevedo y Kikata (1994), mencionan que en condición seca al aire, la albura es de color rosado claro y el duramen rosado oscuro. Anillos de crecimiento poco diferenciados limitados por bandas oscuras en forma irregular. Grano recto a ligeramente entrecruzado, textura gruesa y brillo medio. Vetado ausente.

2.5.2 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LA MADERA

Según Acevedo y Kikata (1994), es una madera de porosidad difusa, poros visibles a simple vista, solitarios de forma redonda y escasos múltiples radiales de dos a cuatro, con 1 a 5 poros/mm²; parénquima visible con lupa de 10x, paratraqueal, vasicéntrico, no estratificado, presencia de inclusiones gomosas; vasos de diámetro tangencial varía de 293 a 333 μm y la longitud entre 412 y 430 μm ; platina de perforación horizontal con perforación simple; punteado intervascular alterno con punteaduras redondeadas y abertura incluida, presencia de inclusiones gomosas; radios visibles con lupa de 10x, con 5 a 11/mm, homogéneos, uniseriados, no estratificados, altura entre 240 y 345 μm ; presencia abundante de gomos; fibras libriformes, no estratificadas, el diámetro total es 24 μm , el grosor de pared celular 3 μm y la longitud varía entre 1443 y 1454 μm .

Estas características se visualizan en la figura 2.

2.5.3 USOS

Reynel et al (2003), indica que la madera es de excelente calidad y gran durabilidad, semidura y semipesada, con grano recto a entrecruzado, textura gruesa y color blanquecino a rosado. Es muy trabajable y tiene amplio mercado en el Perú para construcción, carpintería y ebanistería. Se le comercializa muchas veces bajo el nombre de “Pino peruano”.

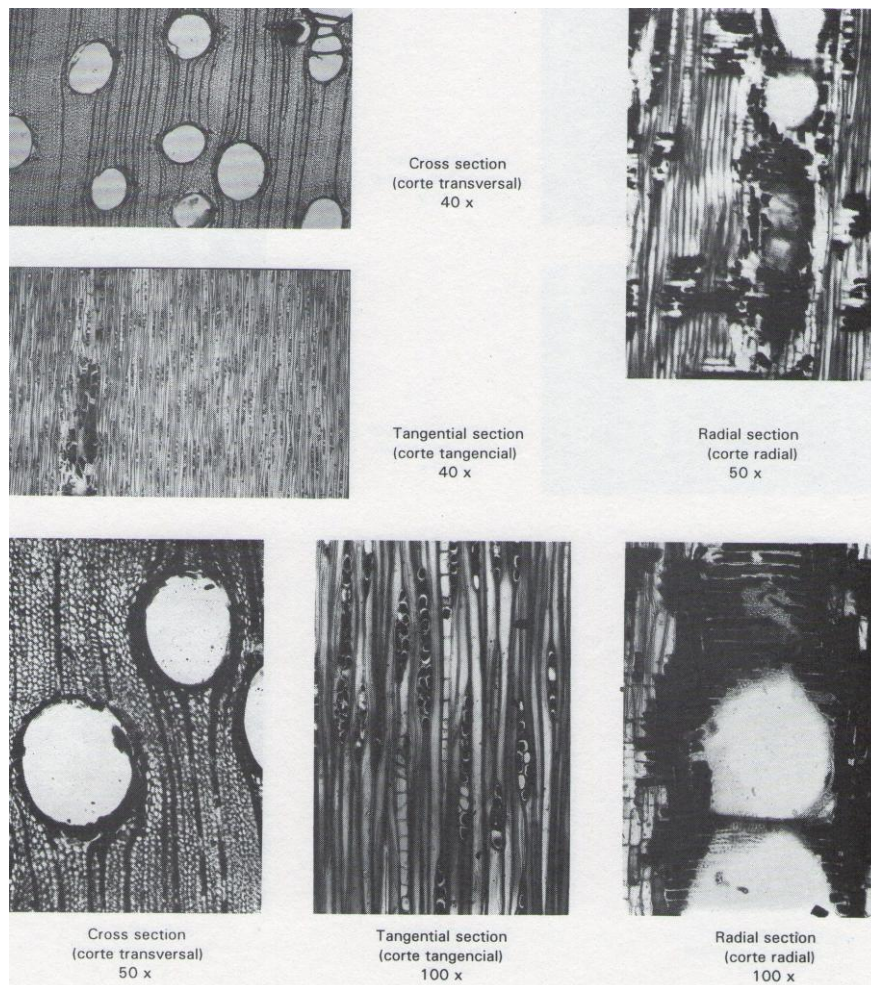
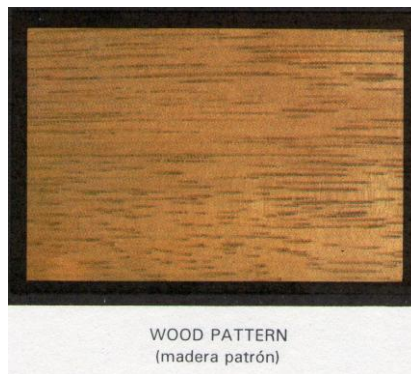


Figura 2: Vistas macroscópicas y microscópicas de la especie, *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Fuente: Acevedo M.; Kikata Y.; (1994), Atlas de Maderas del Perú.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El estudio se realizó en el Laboratorio de Ensayos Tecnológicos de la Madera del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIALES

La colección de las muestras para el estudio, estuvo a cargo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y corresponden a 5 árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, seleccionados al azar, de la plantación demostrativa dentro de la estación experimental Alexander Von Humboldt.

La madera fue recepcionada en la Universidad Nacional Agraria La Molina en forma de tablones, de los cuales se obtuvieron las respectivas probetas.

3.2.2 EQUIPOS Y ACCESORIOS

- Para la preparación de las probetas de los ensayos físicos y mecánicos se emplearon maquinas y herramientas de carpintería tales como: garlopa, sierra de cinta, sierra circular, sierra radial, taladro, wincha, escuadra, lupa de 10x, cuchilla, lápiz de cera.
- En la determinación de las propiedades físicas de densidad básica y contenido de humedad se utilizaron: balanza digital con precisión de 0,05 g, campanas desecadoras de humedad provistas de silicagel, estufas eléctricas “Mettler” de hasta 220 °C, pinzas.
- Para la determinación de contracción tangencial y radial se utilizaron: micrómetros digitales “Mitutoyo” de rangos de 25 a 50 mm y de 75 a 100 mm y con una precisión de 0,001 mm, vernier digital “Mitutoyo” con precisión de 0.01 mm.
- Para los ensayos mecánicos y para la obtención de probetas de humedad se utilizó: prensa de ensayos universal “Tinius Olsen” y accesorios. equipo probador de tenacidad “Wiedemann Baldwin”, paquímetro digital “Mitutoyo” con precisión de 0.01 mm, sierra circular portátil.
- Para el registro de información: cámara Panasonic “Lumix”, formatos diseñados para la toma de datos, computadora Pentium IV con software apropiado Microsoft Word, Excel y Minitab 15.0, scanner.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA

La Estación Experimental Alexander von Humboldt se encuentra dentro del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, políticamente pertenece al Departamento de Ucayali, Provincia de Padre Abad y Distrito de Irazola.

Flores (2002), menciona que la temperatura media anual es 26,7 °C; la humedad relativa media anual es de 78,9 %; la precipitación anual promedio es de 3600 mm.

Vidaurre (1994), señala que muestra una zona plana sin ningún accidente topográfico, una zona ondulada y una zona colinosa.

Flores (2002), precisa que la plantación en estudio se estableció en suelo del tipo Acrisol o Ultisol, que son suelos de origen sedimentario, de textura arcillosa a arcillo-arenosa, drenaje pobre, fácilmente compactable y pH promedio de 5.1.

3.3.2 ENSAYOS EXPERIMENTALES

A) *PROPIEDADES FÍSICAS*

La determinación de estas propiedades se realizaron de acuerdo a lo estipulado por la Norma (ASTM) Designación: D143 – 94 (2000)- “Standard Test Methods for small Clear Specimens of Timber”.

B) PROPIEDADES MECÁNICAS

La determinación de estas propiedades se realizó en condición seca al aire y se ciñeron a lo estipulado en la norma ASTM D143 – 94 (2000).

3.3.3 CODIFICACIÓN DE PROBETAS

Cada probeta se identificó con un código compuesto por:

- Tipo de plantación: 2
- Número de árbol: 433, 437, 450, 456, 457
- Troza: 1, 2
- Sub-Troza: A, B, C, D
- Orientación cardinal: N, S, E, O
- N° de Listón: 1, 2, 3,.....

3.3.4 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 y gráficos; obteniendo los valores para las propiedades físicas y mecánicas promediando los resultados de los cinco árboles seleccionados, en el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el programa Minitab 15.0.

A) ANÁLISIS DE VARIANCIA

El análisis, se realizó sobre cuatro alturas A, B, C, y D, de nivel basal a nivel apical respectivamente.

Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) para el Análisis de Variancia, con pruebas paramétricas, si se cumplían los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad de los errores y pruebas no paramétricas, si es que al menos uno de los dos supuestos anteriores no se cumplían; para comparar promedios a diferentes alturas de 1 árbol.

B) ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Se realizó el análisis de regresión entre la densidad básica como variable independiente, con los ensayos de Contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica como variables dependientes, obteniéndose las respectivas ecuaciones y los coeficientes de correlación y determinación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Los resultados de las propiedades físicas, obtenidas para cuatro alturas (A, B, C y D) diferentes en un árbol, se presenta en el cuadro 1, el cual incluye promedios, rangos y coeficientes de variación. La tendencia para la densidad básica es de incremento con la altura; lo contrario ocurre en los cambios dimensionales, donde se muestra una disminución de los valores con la altura, a excepción de la contracción longitudinal. Las figuras 3 y 4 ilustran estas tendencias.

Sin embargo el análisis de variancia no encuentra diferencias significativas entre alturas, para ninguna de las propiedades.

En el cuadro 2 se presentan los promedios totales, intervalos de confianza y coeficientes de variación para la especie, nótese que el coeficiente de variación de la contracción longitudinal tiene un alto valor (68,05%), explicado probablemente por la presencia de madera juvenil, que presenta una mayor inclinación de las microfibrillas. En relación a los cambios dimensionales, la relación T/R es de 1,5 lo que indica que en cuanto a los cambios dimensionales esta es una madera estable.

Los resultados obtenidos permiten clasificar a la especie según Aróstegui (1982), como una madera de densidad básica media y contracción volumétrica baja.

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

Propiedades Físicas	Unidades	Alturas	Promedio	Rango		Coef. Var. (%)
				Mínimo	Máximo	
Densidad Básica	-	A	0.40	0.38	0.44	7.10
		B	0.44	0.36	0.57	24.27
		C	0.38	0.37	0.40	5.15
		D	0.44	0.39	0.49	16.79
Contracción						
a) Radial	%	A	5.39	4.58	6.01	12.54
		B	4.65	4.10	4.98	7.29
		C	5.52	5.27	5.77	6.42
		D	4.02	4.02	4.02	*
b) Tangencial	%	A	8.21	5.18	10.91	28.76
		B	7.86	5.72	9.26	16.58
		C	8.11	6.85	9.37	21.94
		D	7.22	7.22	7.22	*
c) Longitudinal	%	A	0.22	0.13	0.30	32.66
		B	0.19	0.04	0.31	52.05
		C	0.44	0.14	0.73	94.06
		D	0.70	0.70	0.70	*
d) Volumétrica	%	A	7.91	7.40	8.43	4.57
		B	7.53	7.05	7.91	4.79
		C	8.09	7.56	8.81	7.99
		D	7.52	7.14	7.91	7.26

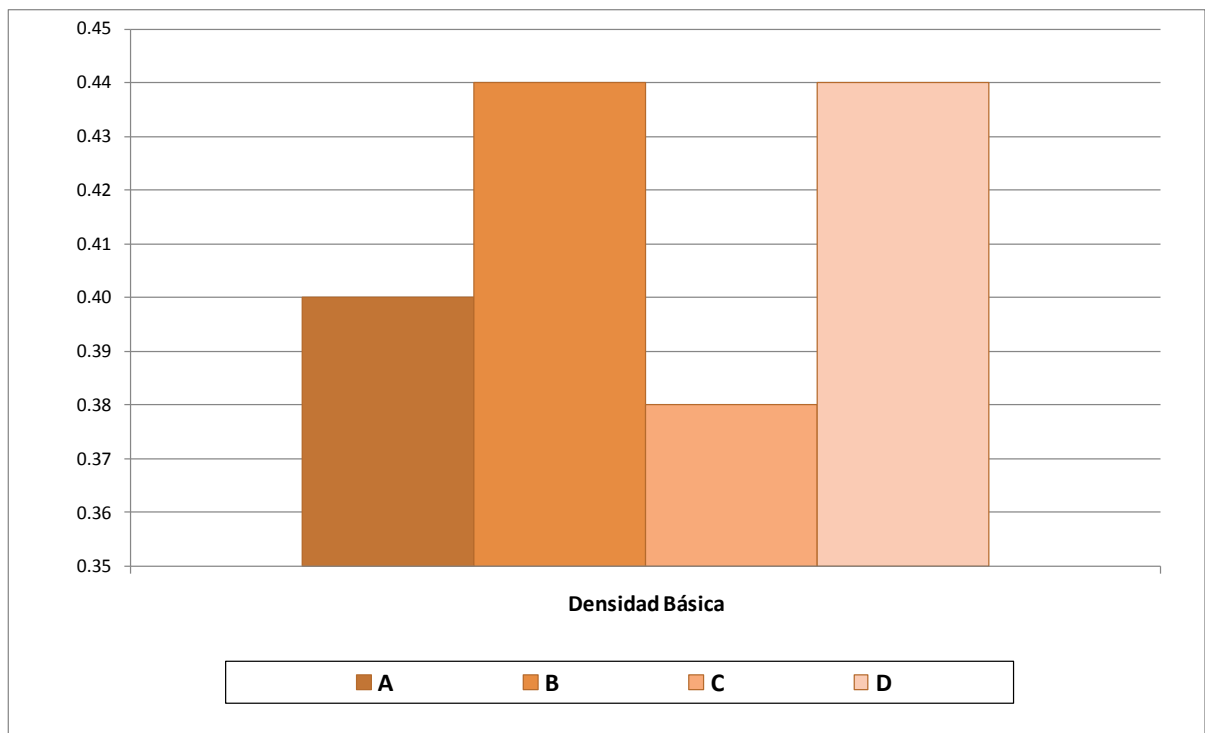


Figura 3: Valores promedio de densidad básica para cada una de las Alturas de un árbol.

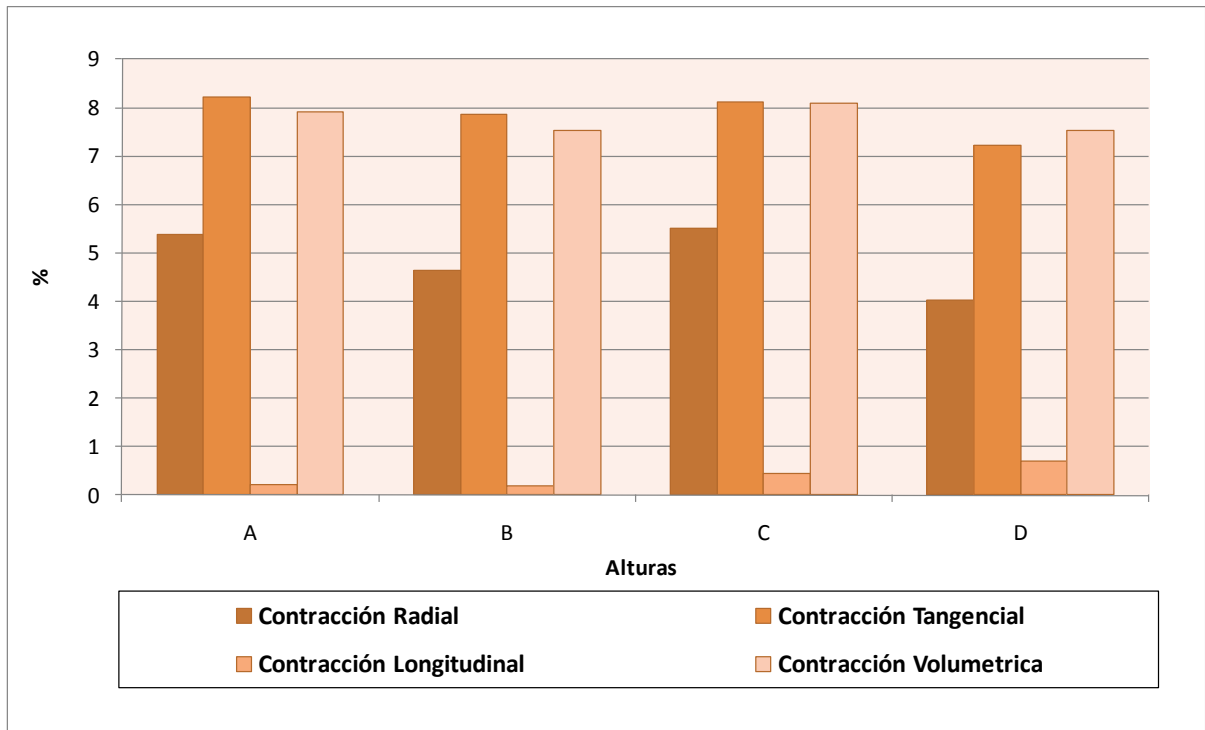


Figura 4: Valores promedio de cambio dimensional para cada una de las alturas de un árbol.

Cuadro 2: 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	
Densidad Básica	-	0.41	0.40	0.42	8.99
Contracción					
a) Radial	%	5.29	4.83	5.76	24.40
b) Tangencial	%	7.92	7.45	8.38	16.28
c) Longitudinal	%	0.42	0.32	0.52	68.05
d) Volumétrica	%	8.18	7.94	8.41	8.40
Relación T/R		1.50			

En relación a los coeficientes de variación de las propiedades de la especie, comparados con los propuestos por Wood Handbook (1974), son mayores en la contracción radial y tangencial. El cuadro 3 muestra estos valores.

Los resultados de las propiedades para la especie proveniente de plantaciones en comparación con la proveniente de bosque natural es menor en la densidad básica, pero mayores en contracción radial y tangencial, lo que indica que en la plantación la madera de tornillo es menos estable que en bosque natural, lo cual se ilustra en las figuras 5 y 6.

Los resultados demuestran que la densidad básica no es buen estimador de los cambios dimensionales totales, que se pone en manifiesto por los bajos valores de los coeficientes de determinación encontrados. El cuadro 4 muestra los resultados.

Cuadro 3: Coeficientes de Variación de las propiedades físicas de la especie en comparación con las propuestas por Wood Handbook.

Propiedades Físicas	Coeficientes de Variación (%) de la especie.	Coeficiente de Variación (%) según Wood Handbook
Densidad Básica	8.99	10,00
Contracción		
a) Radial	24.40	15,00
b) Tangencial	16.28	14,00
c) Longitudinal	68.05	
d) Volumétrica	8.40	16,00

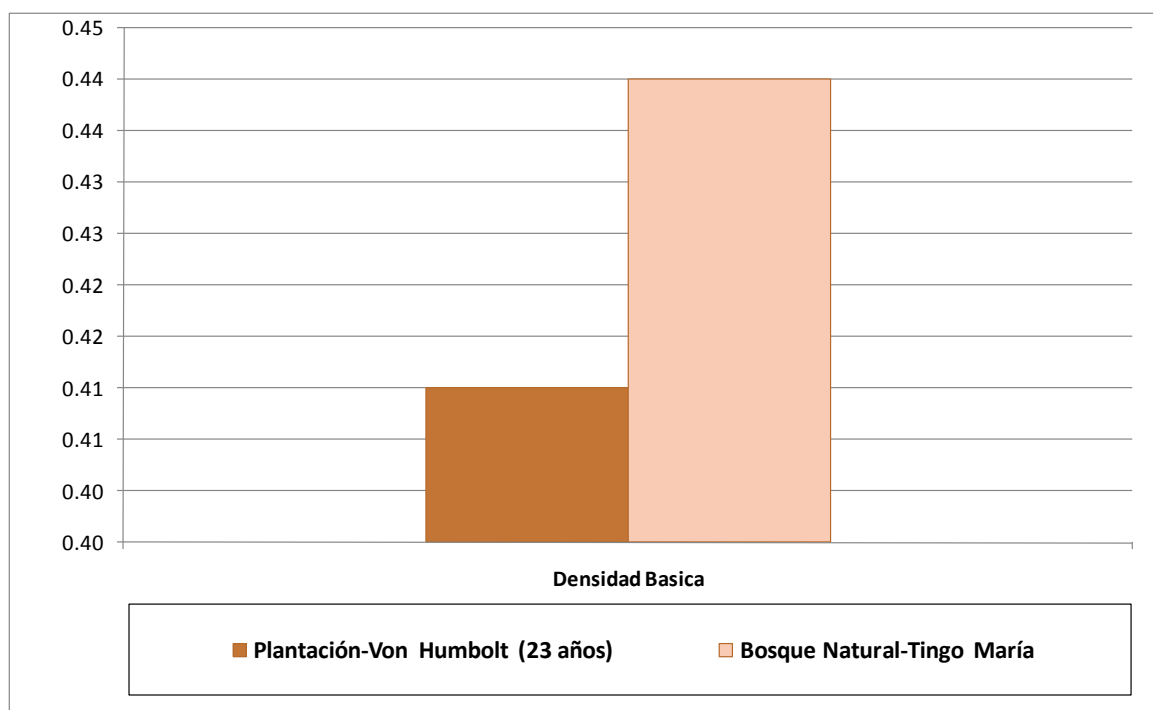


Figura 5: Valores promedio de densidad básica de Tornillo de Plantación y Tornillo de bosque natural.

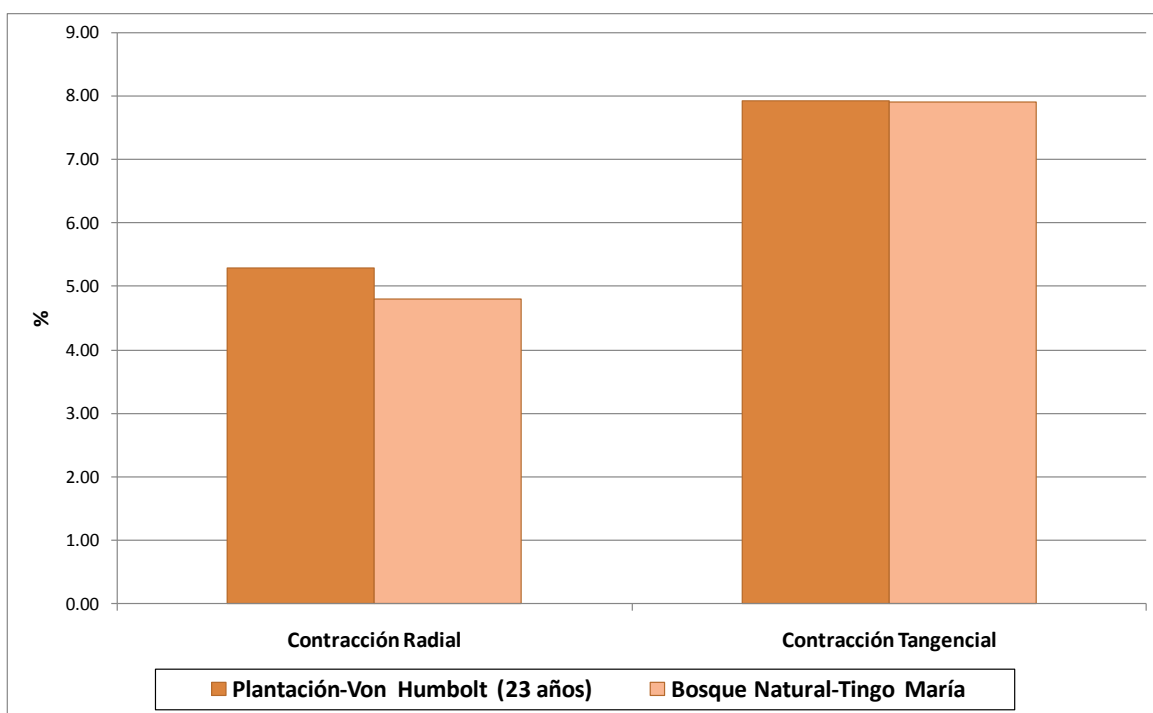


Figura 6: Valores promedio de cambio dimensional de Tornillo de Plantación y Tornillo de bosque natural.

Cuadro 4: Ecuaciones y coeficiente de determinación entre los cambios dimensionales y la densidad básica.

Propiedades Físicas	Ecuación Lineal	R ²
Contracción		
a) Radial	=6.36 - 2.53 DB	0.9
b) Tangencial	=9.70 - 4.21 DB	2.4
c) Longitudinal	=0.48 - 1.00 DB	2.8
d) Volumétrica	=9.42 - 2.98 DB	2.6

R²= coeficiente de determinación (%).

4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

Los resultados de las propiedades mecánicas obtenidas para las cuatro alturas diferentes en un árbol, que incluyen promedios, rangos y coeficiente de variación, se presentan en el cuadro 5 y la figura 7 ilustra los resultados experimentales; la tendencia es de disminución hacia la copa para: ELP y MOR en Flexión Estática, ELP en Compresión Perpendicular, Tenacidad, Tensión Perpendicular y extracción de clavos en Extremos; ocurriendo lo contrario para las demás propiedades.

El análisis estadístico no encuentra diferencias significativas en ninguna de las propiedades.

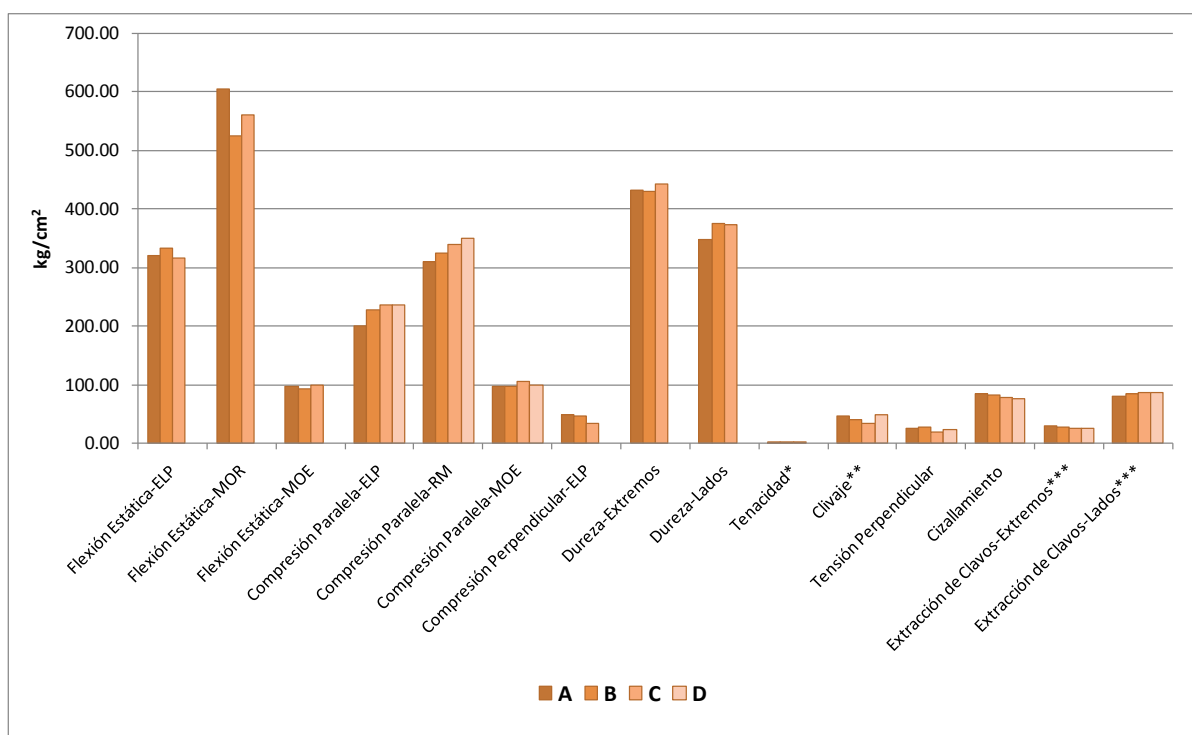
En relación a las propiedades mecánicas para la especie, el cuadro 6 muestra los promedios, intervalos de confianza y coeficientes de variación para la especie.

En cuanto a los coeficientes de variación de esta madera comparada con los límites propuestos por Wood Handbook (1974), son mayores en: Dureza de Lados, Tenacidad, Tensión perpendicular y Cizallamiento.

Los resultados obtenidos para la especie proveniente de plantaciones muestra valores mayores en: ELP en Compresión Perpendicular y Dureza de Lados, en comparación con los valores del tornillo proveniente de bosque natural, clasificando su resistencia mecánica como baja, según Dávalos y Barcenás (1999) como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 5: Promedios, Rangos y Coeficientes de Variación de las Propiedades Mecánicas para cada una de las alturas de 1 árbol.

Propiedades Mecánicas	Unidades	Alturas	CH%	Promedio	Rango		Coef. Var. (%)
					Mínimo	Máximo	
Flexión Estática							
a) ELP	Kg/cm ²	A	14.73	320.40	274.30	365.70	10.57
		B	14.73	332.70	304.80	365.70	8.40
		C	14.73	315.50	253.60	353.10	13.76
b) MOR	Kg/cm ²	A	14.73	604.78	585.89	635.41	3.39
		B	14.73	524.80	361.90	643.00	19.96
		C	14.73	560.30	494.50	612.40	8.71
c) MOE x1000	Kg/cm ²	A	14.73	96.35	83.24	108.89	11.30
		B	14.73	92.19	85.22	99.82	7.65
		C	14.73	99.29	96.52	102.90	3.22
Compresión Paralela							
a) ELP	Kg/cm ²	A	14.75	199.74	129.14	232.49	14.71
		B	14.75	227.81	196.50	264.79	9.04
		C	14.75	237.10	169.00	290.20	17.63
		D	14.75	235.80	217.70	254.00	10.88
b) RM	Kg/cm ²	A	14.75	310.77	264.02	339.80	6.98
		B	14.75	324.45	299.33	339.96	4.05
		C	14.75	338.80	264.00	394.50	12.69
		D	14.75	350.10	337.40	362.80	5.13
c) MOEx1000	Kg/cm ²	A	14.75	95.92	83.73	115.22	11.26
		B	14.75	97.70	89.88	112.12	8.33
		C	14.75	106.36	87.36	120.27	10.85
		D	14.75	99.38	93.15	105.61	8.87
Compresión Perpendicular							
a) ELP	Kg/cm ²	A	14.66	48.07	38.09	54.42	16.45
		B	14.66	47.16	47.16	47.16	*
		C	14.66	34.47	30.84	38.09	14.89
Dureza							
a) Extremos	Kg/cm ²	A	13.91	432.00	432.00	432.00	*
		B	13.91	430.30	382.50	517.50	14.22
		C	13.91	443.25	436.50	450.00	2.15
b) Lados	Kg/cm ²	A	13.91	348.75	348.75	348.75	*
		B	13.91	374.91	345.38	388.13	5.29
		C	13.91	374.06	365.63	382.30	3.19
Tenacidad	Kg - m	A	14.73	1.24	0.14	2.78	55.16
		B	14.73	1.71	0.06	2.58	61.96
		C	14.73	1.22	0.14	2.11	48.38
Clivaje	Kg/cm	A	11.88	46.41	29.58	69.12	23.41
		B	11.88	41.02	35.16	45.63	8.77
		C	11.88	33.84	30.31	42.76	17.62
		D	11.88	49.16	37.87	58.49	21.25
Tensión Perpendicular	Kg/cm ²	A	11.88	24.71	14.61	33.33	28.09
		B	11.88	27.04	20.42	38.86	25.86
		C	11.88	18.29	10.54	23.12	29.18
		D	11.88	23.56	13.20	36.87	36.65
Cizallamiento	Kg/cm ²	A	11.88	83.67	58.71	108.31	15.44
		B	11.88	82.02	37.20	100.04	20.97
		C	11.88	77.84	61.80	99.94	13.37
		D	11.88	75.73	37.20	92.07	26.98
Extracción de Clavos							
a) Extremos	Kg	A	13.16	28.50	22.50	39.38	22.97
		B	13.16	27.90	22.50	32.63	13.19
		C	13.16	26.16	20.25	34.88	24.68
		D	13.16	25.50	18.00	33.75	30.99
b) Lados	Kg	A	13.16	80.83	68.06	93.60	12.75
		B	13.16	84.06	67.16	105.86	18.96
		C	13.16	85.64	65.25	98.44	17.17
		D	13.16	86.30	61.30	105.20	26.14



* kg-m, ** kg/cm, *** kg

Figura 7: Promedios para las Propiedades Mecánicas para cada una de las alturas de un árbol

Cuadro 6: Valores Promedio Totales, Intervalos de Confianza y Coeficientes de Variación para la especie.

Propiedades Mecánicas	Unidades	Contenido de Humedad (%)	Promedio	Intervalo de Confianza		Coef. Var. (%)
				Límite Inferior	Límite Superior	
Flexión Estática		14.81				
a) ELP	kg/cm ²		325.81	307.69	343.93	16.68
b) MOR	kg/cm ²		594.00	566.30	621.80	14.01
c) MOE x1000	kg/cm ²		97.05	93.84	100.26	9.92
Compresión Paralela		14.48				
a) ELP	kg/cm ²		231.65	221.60	241.71	16.06
b) RM	kg/cm ²		336.79	326.15	347.42	11.68
c) MOE x1000	kg/cm ²		103.26	99.88	106.64	12.10
Compresión Perpendicular		14.59				
a) ELP	kg/cm ²		45.44	41.49	49.39	18.57
Dureza		13.47				
a) Extremos	kg/cm ²		417.60	384.10	451.10	15.04
b) Lados	kg/cm ²		401.10	316.90	485.40	39.42
Tenacidad	kg - m	14.81	1.21	1.09	1.34	58.04
Clivaje	kg/cm	11.87	49.18	46.27	52.09	23.88
Tensión Perpendicular	kg/cm ²	11.87	30.14	27.54	32.74	32.80
Cizallamiento	kg/cm ²	11.87	80.39	75.49	85.30	18.56
Extracción de Clavos		13.05				
a) Extremos	kg		31.03	28.28	33.78	18.26
b) Lados	kg		84.88	79.63	90.12	18.26

Cuadro 7: Coeficientes de Variación de las Propiedades Mecánicas, para la especie y su comparación con los Coeficientes de Variación según Wood Handbook.

Propiedades Mecánicas	Coeficientes de Variación de la especie. (%)	Coeficiente de Variación (%) según Wood Handbook
Flexión Estática		
a) ELP	16.68	22,00
b) MOR	14.01	16,00
c) MOE	9.92	22,00
Compresión Paralela		
a) ELP	16.06	24,00
b) RM	11.68	18,00
Compresión Perpendicular		
a) ELP	18.57	28,00
Dureza		
a) Extremos	15.04	17,00
b) Lados	39.42	20,00
Tenacidad	58.04	34,00
Tensión Perpendicular	32.80	25,00
Cizallamiento	18.56	14,00

Cuadro 8: Clasificación de las propiedades mecánicas del tornillo de plantación y tornillo de bosque natural.

Propiedades Mecánicas	<i>Cedrelinga cateniformis</i> de plantación.		<i>Cedrelinga cateniformis</i> de bosque natural**.	
	Valor	Clasificación *	Valor	Clasificación *
Flexión Estática				
a) Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	668.04	Bajo	793.04	Medio
b) Módulo de Elasticidad (kg/cm ²) (x 1000)	102.81	Bajo	131.48	Alto
Compresión Paralela				
a) Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	391.83	Bajo	475.30	Medio
Compresión Perpendicular				
a) Esfuerzo al Límite Proporcional (kg/cm ²)	48.86	Bajo	37.20	Bajo
Dureza				
a) Lados (kg)	410.46	Medio	386.50	Medio
b) Extremos (kg)	434.07	Medio	440.80	Medio

* **Dávalos y Bárcenas (1999)**; Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición “seca”.

** **Aróstegui, A. (1970)**; Descripción, propiedades físico mecánicas y usos de la madera del Perú.

4.3 USOS

En consideración a los resultados físico-mecánicos obtenidos se comparo con las propiedades del tornillo de bosque natural, tal como se ilustra en el cuadro 9, identificándose la aptitud de uso de esta madera las cuales se evaluaron teniendo en consideración los requisitos de uso presentados por Aróstegui (1979), en consecuencia la madera de tornillo proveniente de plantaciones del bosque nacional Alexander Von Humboldt, puede ser usada para obras de carpintería, muebles ordinarios y estructuras.

Figura 8: Usos del “tornillo” proveniente de bosque natural y el “tornillo proveniente de plantación.

Nombre de las maderas	Estructuras	Obras de Carpintería	Costillas para buques y naves	Carrocerías	Muebles ordinarios	Puntales	Juguetería	Crucetas
Tornillo de Plantación	x	x			x			
Tornillo de Bosque Natural	x	x	x	x	x	x	x	x

5. *CONCLUSIONES*

- La especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, proveniente de plantaciones en fajas del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, no presenta diferencias significativas para ninguna de las propiedades físicas-mecánicas.
- La madera estudiada se clasifica como de densidad básica media, contracción volumétrica baja y resistencia mecánica baja.
- La densidad básica no es un buen estimador para los cambios dimensionales.
- Los usos recomendados para la madera estudiada, son: obras de carpintería, muebles ordinarios y estructuras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo, M.; Kikata, Y. 1994. Atlas de maderas del Perú. Lima, PE, Publifor. 202 p.
2. Aróstegui, A. 1970. Descripción, propiedades físico mecánicas y usos de la madera del Perú. Lima, PE, UNALM. 76 p.
3. 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).
4. Arroyo, J. 1983. Propiedades físico-mecánicas de la madera. Mérida, VE, Universidad de los Andes. 186 p.
5. ASTM (American Society for Testing and Materials). 2000. Standard test methods for small clear specimens of timber, Designation: D 143-94 (Reapproved 2000) – Primary methods. Philadelphia, US. 31 p.
6. Dávalos, R.; Barcenas, G. 1999. Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición seca. (en línea). Madera y Bosques. 9(1). Consultado 15 feb. 2009. Disponible en <http://www.inecol.edu.mx/myb/resúmenes/5.1/pdf/Davalos%20y%20Barcenas%201999.PDF>.
7. Flores, Y.; Angulo, W.; Amasifuen, T. 2007. Informe técnico-científico de la evaluación de las plantaciones seleccionadas según el sistema de plantaciones empleado, tipo de suelo y topografía. Pucallpa, PE, s.e. 15 p.

8. Reynel, C.; Pennington, R.; Pennington, T.; Flores, C.; Daza, A. 2003. Árboles útiles de la amazonía peruana. Lima, PE, Darwin Initiative, ICRAF. 509 p.

9. Vidaurre, H. 1994. Balance de experiencias silviculturales con *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Mimosoideae) en la región de Pucallpa, Amazonia Peruana. Tesis (Mg. Sc.) Turrialba, CR. CATIE. 111p.

10. USAD (U.S. Department of Agriculture) 1974. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. Forest Service. Forest Products Laboratory. Wisconsin, USA. 389 p. (General Technical Report N°72).