

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Evaluación de las propiedades físico
mecánicas de *Cedrelinga cateniformis***

**(Ducke) Ducke procedente de
plantaciones de 20 años del Bosque
Nacional Alexander von Humboldt,
Ucayali (Perú)**

Tesis para optar el Título de

INGENIERO FORESTAL

Natalia Alejandra Vega Vizcarra

Lima – Perú

2010

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	2
2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	2
2.3 SILVICULTURA	5
2.4 FENOLOGÍA.....	8
2.5 DISPERSIÓN Y DISEMINACIÓN	9
2.6 DISTRIBUCIÓN Y HABITAT	10
2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA.....	12
2.7.1 <i>Descripción general</i>	12
2.7.2 <i>Descripción anatómica</i>	12
2.7.3 <i>Propiedades físicas y mecánicas</i>	13
2.7.4 <i>Secado</i>	17
2.7.5 <i>Durabilidad y preservación</i>	17
2.7.6 <i>Trabajabilidad</i>	17
2.7.7 <i>Usos</i>	18
2.8 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.....	18
2.9 VARIABILIDAD DE LA MADERA	21
2.9.1 <i>Variabilidad en un mismo individuo</i>	22
2.9.2 <i>Variabilidad entre los árboles de una misma especie</i>	23
2.10 INTERRELACIÓN ENTRE LA ANATOMÍA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA	24
2.11 MADERA DE REACCIÓN	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO.....	27
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	27
3.2.1 <i>Especie</i>	27
3.2.2 <i>Equipos y accesorios</i>	28
3.3 METODOLOGÍA	29
3.3.1 <i>Ubicación de la plantación en estudio</i>	29
3.3.2 <i>Clima</i>	31
3.3.3 <i>Zona de vida</i>	31
3.3.4 <i>Suelos</i>	31
3.3.5 <i>Topografía</i>	32
3.3.6 <i>Selección y colección de muestras</i>	33
3.3.7 <i>Procesamiento de trozas</i>	33
3.3.8 <i>Codificación de listones</i>	35
3.3.9 <i>Selección de listones</i>	36
3.3.10 <i>Preparación y acondicionamiento de probetas</i>	36
3.3.11 <i>Ensayos experimentales</i>	38
3.3.12 <i>Procesamiento de datos y evaluación de resultados</i>	38

4.	RESULTADOS.....	44
4.1	PROPIEDADES FÍSICAS.....	44
4.1.1	<i>A nivel longitudinal.....</i>	44
4.1.2	<i>A nivel transversal.....</i>	47
4.2	PROPIEDADES MECÁNICAS.....	52
4.2.1	<i>A nivel longitudinal.....</i>	52
4.2.2	<i>A nivel transversal.....</i>	57
4.3	REGRESIONES Y CORRELACIONES.....	64
4.3.1	<i>Propiedades físicas.....</i>	64
4.3.2	<i>Propiedades mecánicas.....</i>	64
5.	DISCUSIONES.....	68
5.1	PROPIEDADES FÍSICAS.....	68
5.1.1	<i>Análisis a nivel longitudinal.....</i>	68
5.1.2	<i>Análisis a nivel transversal.....</i>	71
5.2	PROPIEDADES MECÁNICAS.....	77
5.2.1	<i>Análisis a nivel longitudinal.....</i>	77
5.2.2	<i>Análisis a nivel transversal.....</i>	77
5.3	APTITUD DE USO.....	81
5.4	ANÁLISIS DE REGRESIONES Y CORRELACIONES.....	83
5.4.1	<i>Propiedades físicas.....</i>	83
5.4.2	<i>Propiedades mecánicas.....</i>	84
6.	CONCLUSIONES.....	86
7.	RECOMENDACIONES.....	87
ANEXO 1.....	93	
IMÁGENES DE LOS ENSAYOS.....	93	
ANEXO 2.....	104	
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FÍSICOS.....	104	
ANEXO 3.....	108	
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS.....	108	
ANEXO 4.....	138	
REGRESIONES PARA PROPIEDADES FÍSICAS.....	138	
ANEXO 5.....	147	
REGRESIONES PARA PROPIEDADES MECÁNICAS.....	147	
ANEXO 6.....	170	
CORRELACIONES PARA PROPIEDADES FÍSICAS.....	170	
ANEXO 7.....	171	
CORRELACIONES PARA PROPIEDADES MECÁNICAS.....	171	
ANEXO 8.....	173	
ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEALES, CUADRÁTICAS, Y CÚBICAS PARA PROPIEDADES FÍSICAS.....	173	
ANEXO 9.....	175	
ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEALES, CUADRÁTICAS, Y CÚBICAS PARA PROPIEDADES MECÁNICAS.....	175	

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1 EXPERIENCIAS CON PLANTACIONES DE TORNILLO EN ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA TROPICAL.....	6
CUADRO 2 DENSIDAD DE SEMILLAS DISEMINADAS POR ÁRBOL EN LAS ÁREAS 101 Y 111 DE REGENERACIÓN NATURAL DE LA EEAVH.....	9
CUADRO 3 DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN DE TORNILLO A LOS SEIS MESES Y DOS AÑOS DE ESTABLECIMIENTO EN LA EEAVH.....	10
CUADRO 4 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE PLANTACIONES A CAMPO ABIERTO DE TORNILLO.....	15
CUADRO 5 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE PLANTACIONES A CAMPO ABIERTO DE TORNILLO....	16
CUADRO 6 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN DE <i>CEDRELINGA CATENIFORMIS</i> (DUCKE) DUCKE.....	28
CUADRO 7 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	32
CUADRO 8 CARACTERÍSTICAS DE LAS TROZAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO.....	34
CUADRO 9 NÚMERO DE PROBETAS ENSAYADAS PARA EL ANÁLISIS POR NIVELES DE ALTURA PARA EL ÁRBOL	268
	37
CUADRO 10 NÚMERO DE PROBETAS ENSAYADAS PARA EL ANÁLISIS POR NIVELES DE CERCANÍA A LA MÉDULA PARA LOS 5 ÁRBOLES.	37
CUADRO 11 ESTADÍSTICOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS PARA CUATRO NIVELES DE ALTURA EN UN ÁRBOL.	45
CUADRO 12 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DENSIDAD Y CONTRACCIÓN PARA CUATRO NIVELES DE ALTURA EN UN ÁRBOL.	46
CUADRO 13 ESTADÍSTICOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN TRES POSICIONES RESPECTO A LA MÉDULA.	48
CUADRO 14 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS DENSIDADES Y CONTRACCIONES PARA TRES POSICIONES RESPECTO A LA MÉDULA.	49
CUADRO 15 RESUMEN DE LOS ESTADÍSTICOS Y COMPARACIÓN CON LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN PRESENTADOS POR EL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS.....	51
CUADRO 16 ESTADÍSTICOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA CUATRO ALTURAS EN UN ÁRBOL.....	53
CUADRO 17 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN CUATRO NIVELES DE ALTURA.	55
CUADRO 18 ESTADÍSTICOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA TRES POSICIONES DE CERCANÍA A LA MÉDULA.....	58
CUADRO 19 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA TRES POSICIONES CON RESPECTO A LA MÉDULA.	60
CUADRO 20 RESUMEN DE LOS ESTADÍSTICOS Y COMPARACIÓN CON LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN PRESENTADOS POR EL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS.....	63
CUADRO 21 COEFICIENTES DE CORRELACIÓN SIGNIFICATIVOS ENTRE LA DENSIDAD BÁSICA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL LONGITUDINAL.	65
CUADRO 22 ECUACIONES DE REGRESIÓN Y COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN (R^2) DE MEJOR AJUSTE PARA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL LONGITUDINAL.	65
CUADRO 23 COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ALTAMENTE SIGNIFICATIVOS ENTRE LA DENSIDAD BÁSICA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL TRANSVERSAL.	66
CUADRO 24 ECUACIONES DE REGRESIÓN Y COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN (R^2) DE MEJOR AJUSTE PARA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL TRANSVERSAL.	67
CUADRO 25 CLASIFICACIÓN DE TORNILLO SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.....	81
CUADRO 26 VALORES COMPARATIVOS DEL TORNILLO DE 22 AÑOS EN FAJA DE ENRIQUECIMIENTO CON TORNILLO DE 20 AÑOS A CAMPO ABIERTO CON OTRAS ESPECIES PROVENIENTES DE BOSQUE NATURAL AJUSTADOS AL 12% DE HUMEDAD.....	82
CUADRO 27 COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y SIGNIFICANCIA PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN PLANTACIONES ENTRE 9 A 14 AÑOS, Y 20 AÑOS.....	84
CUADRO 28 COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y SIGNIFICANCIA PARA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PLANTACIONES ENTRE 9 A 14 AÑOS, Y 20 AÑOS.....	85

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1 DESCRIPCIÓN DE LA RAMITA TERMINAL. A. RAMITA CON HOJA, B. LÁMINA FOLIAR, C. FRUTO, D. FLOR, E. PARTE DE LA INFLORESCENCIA.....	4
FIGURA 2 MADERA PATRÓN Y CORTES MICROSCÓPICOS DE TORNILLO	13
FIGURA 3 UBICACIÓN DE LA PARCELA 203, DE DONDE PROCEDEN LAS MUESTRAS EN ESTUDIO	30
FIGURA 4 ESQUEMA MOSTRANDO EL MÉTODO DE CORTE DE LA TROZA PARA LA OBTENCIÓN DE LISTONES DE 5 X 5 CM. 34	34
FIGURA 5 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA TROZA 2 DEL ÁRBOL 930	35
FIGURA 6 NIVELES DE ALTURA A, B, C Y D PARA EL ÁRBOL 268.	40
FIGURA 7 POSICIÓN DE LOS NIVELES A, B Y C EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL ÁRBOL.	42
FIGURA 8 VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD SATURADA, ANHIDRA Y BÁSICA PARA CADA NIVEL DE ALTURA EN UN ÁRBOL.	46
FIGURA 9 VALORES PROMEDIO DE CONTRACCIÓN TOTAL PARA CADA NIVEL DE ALTURA EN UN ÁRBOL.	47
FIGURA 10 VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD SATURADA, ANHIDRA Y BÁSICA PARA CADA UNA DE LAS POSICIONES TRANSVERSALES CON RESPECTO A LA MÉDULA.	49
FIGURA 11 VALORES PROMEDIO DE CONTRACCIÓN TOTAL PARA CADA UNA DE LAS POSICIONES RESPECTO A LA MÉDULA.....	50
FIGURA 12 VALORES PROMEDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS POR CUATRO NIVELES DE ALTURA.	56
FIGURA 13 VALORES PROMEDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA TRES POSICIONES DE CERCANÍA A LA MÉDULA.....	61
FIGURA 14 PROMEDIOS DE DENSIDAD SATURADA, ANHIDRA Y BÁSICA PARA TORNILLO EN CAMPO ABIERTO (20 AÑOS) Y FAJA DE 5M (22 AÑOS).....	69
FIGURA 15 VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD BÁSICA Y ANHIDRA ENTRE PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y BOSQUE NATURAL DE ENTRE 53 Y 59 AÑOS.	70
FIGURA 16 COMPARACIÓN DE PROMEDIOS DE CONTRACCIÓN RADIAL, TANGENCIAL, LONGITUDINAL Y VOLUMÉTRICA PARA TORNILLO A CAMPO ABIERTO (20 AÑOS) Y FAJA DE 5M (22 AÑOS).....	71
FIGURA 17 COMPARACIÓN DE LOS VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD ENTRE CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y FAJA DE ENRIQUECIMIENTO DE CINCO M DE 22 AÑOS.	72
FIGURA 18 DENSIDAD BÁSICA PROMEDIO PARA 4 EDADES DIFERENTES PROVENIENTES DE PLANTACIONES A CAMPO ABIERTO DE TORNILLO.	73
FIGURA 19 VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD ANHIDRA Y BÁSICA PARA PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y TORNILLO DE BOSQUE NATURAL MADURO.....	74
FIGURA 20 VALORES DE CONTRACCIÓN PARA CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y FAJA DE ENRIQUECIMIENTO DE 5 M. DE 22 AÑOS.	75
FIGURA 21 CONTRACCIONES PROMEDIO PARA 3 EDADES DIFERENTES PROVENIENTES DE PLANTACIONES A CAMPO ABIERTO DE TORNILLO.	76
FIGURA 22 CONTRACCIONES TOTALES PARA TORNILLO PROCEDENTE DE PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y DEL BOSQUE NATURAL.	76
FIGURA 23 VALORES PROMEDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y DE FAJA DE ENRIQUECIMIENTO DE 5 M DE 22 AÑOS A NIVEL TRANSVERSAL.	78
FIGURA 24 COMPARACIÓN DE PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE LA EEAyH DE 10 Y 20 AÑOS.....	79
FIGURA 25 VALORES PROMEDIO DE PLANTACIÓN DE 20 AÑOS CON LOS DE BOSQUE NATURAL MADURO	80
FIGURA 26 COMPARACIÓN DE TORNILLO DE 20 AÑOS DE PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO CON ISHPINGO Y CATAHUA AMARILLA, ASÍ COMO CON TORNILLO DE 22 AÑOS DE FAJA DE ENRIQUECIMIENTO DE 5 M.	83