

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS FORESTALES



CARACTERISTICAS ANATOMICAS Y PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DEL CEDRO (*Cedrela odorata* L.) PROVENIENTE DE SATIPO

**Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL**

Milton César Túllume Chavesta

LIMA – PERU

2000

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Clasificación sistemática del Cedro	3
2.2 Descripción botánica	4
2.3 Distribución y habitat	5
2.4 Anatomía de la madera	6
2.5 Propiedades físicas	9
2.6 Propiedades mecánicas	13
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1 Lugar de ejecución	18
3.2 Materiales y equipos	18
3.2.1 Especie	18
3.2.2 Materiales de campo	18
3.2.3 Equipos para preparación de probetas.	19
3.2.4 Equipos de laboratorio para propieda_	
des físicas y mecánicas	19
3.2.5 Materiales de laboratorio	19
3.3 Métodos y procedimientos	20
3.3.1 Ubicación de la zona	20
3.3.2 Evaluación y selección de muestras ..	23
3.3.3 Identificación de muestras	23
3.3.4 Selección de trozas	24

	Pág.
3.3.5 Procesamiento de trozas	24
3.3.6 Estudio anatómico	25
3.3.7 Preparación de láminas y tejido mace_	
rado para el estudio microscópico ...	26
3.3.8 Estudio físico-mecánico	28
3.3.9 Evaluación de resultados	29
4. RESULTADOS	31
4.1 Descripción anatómica de la especie	31
4.2 Propiedades físicas y mecánicas	36
5. DISCUSION DE RESULTADOS	38
5.1 Descripción anatómica de la especie	38
5.2 Propiedades físicas	42
5.3 Propiedades mecánicas	46
6. CONCLUSIONES	60
7. RECOMENDACIONES	62
8. RESUMEN	63
9. BIBLIOGRAFIA	65

RELACION DE FIGURAS

Nº	TITULO	Pág.
1.	Plano de localización	21
2.	Mapa ecológico	22
3.	Corte transversal de <u>Cedrela odorata</u> (60x) ...	34
4.	Corte tangencial de <u>Cedrela odorata</u> (60x) ...	34
5.	Grano ondulado y madera traposa	40
6.	Muestra de Cedro mostrando colapso	40
7.	Valores comparativos promedios de flexión estática (MOR)	47
8.	Valores comparativos promedios de flexión estática (MOE)	47
9.	Valores comparativos promedios de compresión paralela (RM)	47
10	Valores comparativos promedios de compresión perpendicular (ELP)	48
11	Valores comparativos promedios de cizallamiento	48
12	Valores comparativos promedios de dureza (lados)	48
13	Ecuación de regresión lineal simple densidad básica vs (MOR) en flexión estática	52
14	Ecuación de regresión lineal simple densidad básica vs (MOE) en flexión estática	53
15	Ecuación de regresión lineal simple densidad	

	básica vs (RM) en compresión paralela	54
16	Ecuación de regresión lineal simple densidad básica vs (ELP) en compresión perpendicular ..	55
17	Ecuación de regresión lineal simple densidad básica vs cizallamiento	56
18	Ecuación de regresión lineal simple densidad básica vs dureza (lados)	57

RELACION DE CUADROS

Nº	TITULO	Pág.
1.	Propiedades físicas y mecánicas del Cedro según diversos autores	17
2.	Valores estadísticos promedios de los elementos anatómicos del Cedro de agua	35
3.	Propiedades físicas del Cedro	37
4.	Propiedades mecánicas del Cedro	37
5.	Características generales, macroscópicas y microscópicas del Cedro según diversos autores ..	39
6.	Valores comparativos de las propiedades físicas y mecánicas según diversos autores	44
7.	Coefficientes de variabilidad obtenidos en las propiedades físicas y mecánicas vs los valores permisibles dados por Wood Handbook y el Acuerdo de Cartagena	45
8.	Análisis de variancia entre la densidad básica y las principales propiedades mecánicas	50
9.	Valores de los coeficientes de correlación, determinación y ecuaciones de regresión lineal simple entre la densidad básica y las principales propiedades mecánicas	51
10	Usos del cedro según diversos autores	59

I. INTRODUCCION

Las Meliaceas en el Perú representa una de las familias de mayor importancia económica y valiosa como madera aserrada y productos de elaboración secundaria, tanto para consumo interno como en la exportación existiendo en consecuencia una fuerte presión para su aprovechamiento forestal.

En la actualidad, el mercado local específicamente Lima es abastecida por madera de esta especie provenientes principalmente de Pucallpa (Selva baja) y Satipo (Selva alta). Dicha madera presenta ciertas variaciones según su procedencia, siendo la madera proveniente de Pucallpa la más conocida y estudiada tanto en sus características anatómicas, como en sus propiedades físico - mecánicas, tecnología y usos. Sin embargo la madera proveniente de Selva alta específicamente de la zona de Satipo conocida como "Cedro de agua" a pesar de ser de la misma especie tiene antecedentes que su comportamiento es diferente.

Es así, que a la madera proveniente de Selva alta se le atribuye como característica la de ser una madera de menor calidad y por consiguiente de menor precio, en tal sentido, se hace necesario realizar el trabajo que conduzca

a un mayor conocimiento de la anatomía y propiedades físico-mecánicas y a la vez compararla con el Cedro de la zona de Pucallpa.

En consecuencia el presente trabajo se orienta a la generación de información básica sobre las características anatómicas y propiedades físico-mecánicas de esta especie, que será de utilidad para explicar las particularidades de esta especie y conocer sus aptitudes de uso.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Clasificación Sistemática del Cedro.

De acuerdo a CRONQUIST (MARZOCCA 1985), el Cedro se clasifica de la siguiente manera:

División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsidae
Sub-clase : Rosidae
Orden : Sapindales
Familia : Meliaceae
Género : Cedrela
Especie : Cedrela odorata L.

Nombres vulgares: Cedro de agua, Cedro huasca (Perú); Cedro (Isla del Caribe y Latinoamérica); Cedro paraíso (Argentina); Nogal cimarrón (Guanajuato, México); Cedro cóbano (América Central); Cedro real (Nicaragua y el Salvador); Cedro cebolla (Panamá); Cedro oloroso, Cedro caoba, cedro blanco (Colombia); Cedro castilla (Ecuador); Cedro amargo, Cedro colorado (Venezuela); Cedro hembra, Cedro cubano (Cuba); Cedro pardo, Cedro rosa (Brasil); Cedro colorado (El Salvador). PENNINTONG (1981).

Nombres comerciales: "Red cedar" o "Cedar".

Sinónimias botánicas: Cedrela guianensis A. Juss; Cedrela angustifolia; Cedrela mexicana Roem; Cedrela occidentalis; Cedrela sinteisisii C.D.C.

2.2 Descripción Botánica

INIA (1996) e CATIE (1997), describen a esta especie como de arboles grandes, de hasta 40m. de altura y hasta 2m. de diámetro; con copa amplia y follaje ralo. Presenta raíces extendidas y superficiales y la base del fuste con aletones muy bien desarrollados en suelos pocos profundos, y raíces profundas de base acanalada en suelos fértiles. El fuste es cilíndrico; la corteza externa es agrietada, desprendible en placas grandes de color gris; la corteza interna es fibrosa, rosada a rojo pardo.

Las hojas son alternas paripinnadas, sin estípulas, agrupadas al final de la rama, de 5 a 11 pares de folíolos opuestos, lanceolados a ovalados. Las flores son de color blanco, agrupadas en racimos florales o panículas grandes de 30 a 50 cm., con cáliz irregularmente dentado. Son unisexuales y presentan cinco pétalos pubescentes color crema verduzco. En flores femeninas las anteras son delgadas, el estigma es verde, globoso y capitado. La cápsula leñosa es redondeada en ambos extremos. Los frutos son cápsulas con dehiscencia longitudinal septicida (se

abren en cinco carpelos). Es leñoso, color café oscuro, de superficie externa lenticelada y lisa. El fruto se desprende una vez liberada la semillas.

2.3 Distribución y hábitat

INIA (1996) e CATIE (1997), señalan que esta especie se distribuye desde el norte de México hasta el norte de Argentina, incluidas las islas del Caribe. INRENA (1994), remarca que en el Perú se encuentra distribuida en los departamento de Loreto, Ucayali, Huanuco, San Martín y Madre de Dios. Especie abundante en vegetación primaria y secundaria de bosques tropicales; alcanza máximos tamaños en zonas con precipitaciones entre 2500 y 4000 mm anuales, temperaturas que varían entre 27 - 29 °C y de una altitud de hasta 1500 msnm. Es representativa del Bosque Seco Tropical y Bosque Húmedo Tropical.

Específicamente con respecto a las zonas de Pucallpa y Satipo INRENA (1997), indica lo siguiente:

	<u>Satipo</u>	<u>Pucallpa</u>
Precipitación (mm):	1500 - 2000	2000 - 4000
Temperatura (°C) :	21 - 23	27 - 29
Altitud (m.s.n.m) :	1200 -2000	hasta 1000

Zona de Vida	: Bosque húmedo pre- montano tropical	Bosque húmedo tropical
Suelo (Textura)	: Franco arenoso	Arcilla a franco arcillo arenoso. Franco a franco arcilloso. Meléndez (1974).

2.4 Anatomía de la Madera

Según Mateus mencionado por OLIVEIRA (1988), cada especie forestal está caracterizada a nivel de la organización de sus tejidos, por una estructura anatómica bien diferenciada desde el punto de vista de su geometría, composición y arreglo de sus elementos constituyentes; que permiten, además de hacer inferencias respecto a su comportamiento físico mecánico, lograr la identificación de la madera por medio de la observación microscópica a través de cortes histológicos, realizados según la dirección tangencial, radial y transversal. Por ello la gran importancia que tiene, para la caracterización de una especie forestal, una descripción de sus aspectos anatómicos que permiten clasificarla dentro de una familia dada, género y especie.

CORONEL (1994), señala que la madera esta constituida por células de diversas formas, con paredes de espesores variados, pero siempre orientados en las direcciones ortogonales que explican su naturaleza, heterogeneidad y anisotropía.

Con respecto al género cedrela P. DETIENNE (1983), indica que la madera es de color rosado a rojizo, de grano entrecruzado y con una densidad de 0.30-0.50 g/cc. Presencia de poros aislados o asociados radialmente de 2 a 3, formando casi siempre una zona semiporosa, poco numerosos (2 a 5 por mm²) y grandes (diámetro superior a 200 micras en el inicio del anillo y de 160 a 220 micras en promedio). Perforación simple en los elementos vasculares. El tamaño de las puntuaciones intervasculares es de 7 a 9 micras.

Presenta parénquima de tres formas: asociado a los poros, en líneas o bandas terminales y en células aisladas frecuentemente con cristales dispersos dentro del tejido fibroso. Radios de 2 a 3 células, en número de 4 a 5 por mm, de estructura subhomogénea.

Puntuaciones radiovasculares idénticas en tamaño a las intervasculares. Presencia o no de cristales en las células terminales. Fibras con puntuaciones simples.

ACEVEDO Y KIKATA (1994), reportan a la especie *Cedrela odorata* indicando las siguientes características:

En condición seca al aire, la albura es de color rosado claro y el duramen rosado oscuro. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas claras de forma regular donde se concentran poros de mayor diámetro asociados con parénquima terminal. Grano recto, textura media, brillo alto y vetado en arcos superpuestos.

Madera de porosidad circular. Poros ligeramente visibles a simple vista, predominantemente múltiples radiales de 2-6 y solitarios de forma redonda; con 1 a 9 poros /mm² con presencia de inclusiones gomosas y canales resiníferos traumáticos. El diámetro tangencial de vasos varía de 192 a 504 micras y la longitud entre 461 y 576 micras. Platina de perforación poco a muy inclinada con perforación simple. Punteado intervascular alterno, redondeadas con aberturas extendidas y coalescentes de forma lenticelar. Punteado radiovascular similar al intervascular.

Parénquima visible a simple vista, terminal, vasicéntrico y escaso apotraqueal difuso, no estratificado.

Radios visibles a simple vista, de 2-7/mm, no estratificados con presencia de cristales. Heterogéneos tipo II, multiseriados, no estratificados. Altura entre 300 y 440 micras. Presencia de inclusiones gomosas y cristales de forma romboide.

Fibras libriformes septadas, no estratificadas. El diámetro total de 46u y la longitud varía entre 1229 y 1690 micras.

BERLYN (1964), indica también que para relacionar las propiedades físicas y mecánicas con las propiedades anatómicas debe hacerse un estudio cuantitativo de los elementos anatómicos. Chimelo mencionado por OLIVEIRA (1988), agrega que muchos métodos de cuantificación de las características anatómicas han sido desarrollados, siendo parámetros de interés, las proporciones o fracciones de volumen de los elementos anatómicos, número de estos elementos por unidad de área o unidad de longitud y el tamaño real (diámetro o ancho y altura) de los elementos; siendo estos los que conjuntamente con su composición química, determinan las propiedades de la madera y su aptitud para un uso comercial.

2.5 Propiedades Físicas

NOTIVOL, E. et al. (1992), indican que la densidad debe ser considerada como una expresión de la presencia relativa de los distintos elementos celulares que la componen (vasos, traqueidas, fibras, células de parenquima) y de la variación de la pared celular, lumen y espacios intercelulares. PEREZ (1984), agrega que la densidad sirve

para caracterizar tecnológicamente a una madera, pues está altamente relacionada con el espesor de las paredes celulares y por consiguiente con la mayoría de sus propiedades físico mecánicas.

TEIXEIRA et al (1997), remarca que las variaciones de la densidad básica dentro de cada árbol en virtud de sus características intrínsecas, implica la influencia de otros factores como clima, topografía, fertilidad de suelo etc. es decir la influencia del sitio de la plantación.

Guadalupe y Bárcenas citado por WITTING (1996), refieren que la relación entre el porcentaje de contracción y contenido de humedad varía principalmente debido a las densidades de las diferentes especies, a las condiciones de secado (temperatura, humedad relativa, y tiempo) y a las formas de las piezas de la madera.

KLINGER (1994), remarca la importancia de la humedad en el punto de saturación de las fibras por las siguientes consideraciones:

- Por encima de este no se presenta cambios dimensionales en la madera.
- Las variaciones de la humedad por encima de su valor, modifican el comportamiento de la densidad de la

madera.

- La conductividad eléctrica de la madera aumenta bruscamente desde 0% hasta la humedad de saturación de la fibras.
- La resistencia mecánica de la madera, en términos generales, se ve favorecida por una reducción de contenido de humedad entre la zona de saturación de las fibras y 0%.

VIGNOTE (1996), indica que el estudio de las relaciones entre el agua y la madera, es seguramente, el más importante ya que afecta a la mayoría de procesos en su transformación. Es más, las características de comportamiento de la madera están influenciadas por el contenido de humedad; así, esta influye de forma determinante en la concepción de los procesos tales como: aserrado, debobinado, cepillado, encolado, barnizado, etc. Respecto al comportamiento, la humedad es un factor determinante en su durabilidad, resistencia, peso y sobre todo en sus dimensiones, hinchándose cuando gana humedad y contrayéndose cuando la pierde.

Panshin y Zeeuw citado por TRUGITHO (1997), indica que la estructura anatómica es la razón básica de la contracción e hinchamiento, principalmente a la estructura

de la pared celular y en parte a la presencia de radios que dificultan la variación en el sentido radial. Dichas variaciones dimensionales que normalmente ocurren; son valores distintos en las diferentes direcciones del crecimiento del árbol; siendo responsables de la formación de grietas, rajaduras y torceduras que dificultan la acción de encolamiento que representan un constante obstáculo al uso eficiente de la madera. Igualmente la variación dimensional es afectada por otros factores tales como: la densidad, estructura anatómica, el contenido de extractivos, composición química y tensiones en el crecimiento, entre otros.

VIGNOTE (1996), señala que las células de la madera de arboles con tensiones de crecimiento alto, poseen una longitud de fibras y de vasos, y un espesor de pared celular (y por tanto de la densidad), mayor que los arboles que tienen tensiones inferiores. De la misma forma, a mayores tensiones, mayor es la contracción volumétrica y el modulo de elasticidad.

HAYGREEN (1988), agrega que la madera de tensión tiende a producir superficies traposas cuando es aserrada o cepillada particularmente cuando se procesa en verde, originando que la sierra se sobrecaliente y haga difícil un

final de corte satisfactorio. Durante el secado, la madera de tensión muestra una tendencia a colapsar irreversiblemente. El autor antes mencionado y GONZALEZ (1996), sostienen que el colapso es el aplastamiento de tejidos de la madera durante el secado, resultando casi siempre en severas distorsiones (corrugado) en la superficie de la madera, siendo el color de la madera más oscura que la madera normal.

2.6 Propiedades Mecánicas

Mateus mencionado por OLIVEIRA et al (1988); explica que el interés en determinar las propiedades mecánicas se debe a que, la mayoría de los elementos de construcción, como una pieza de madera en el suelo, una puerta, una pieza de mobiliario, una viga o una columna de madera, en ellas son importantes los esfuerzos a que están sujetos en servicio. En algunas de estas aplicaciones, la madera va a ser exigida, principalmente, por esfuerzos de compresión, en otras por esfuerzos de tracción y en otras también por esfuerzos de flexión. Existen casos en que una pieza o una estructura está sujeta a cargas dinámicas, exigiéndose una capacidad de resistencia al choque; en otras situaciones, la madera deberá absorber esfuerzos de cizallamiento, esfuerzos de compresión paralela y así sucesivamente.

TARSICIO (1988), señala que para el uso de nuevas especies es necesario que se conozcan sus principales propiedades mecánicas tales como:

- Resistencia a la Flexión: todas las propiedades de la madera que influyen en su elasticidad tienen simultáneamente una resistencia de la madera a la flexión. La flexión es importante en la utilización de maderas como material de construcción de casas, puentes, tejas, construcciones marítimas y otros. Su conocimiento es aplicado por ejemplo en dimensionamiento de vigas.

- Elasticidad: propiedad de un material que al sufrir la acción de una fuerza le provoca una deformación, tendiendo a volver a su estado original después de retirada dicha fuerza. Este módulo de elasticidad (MOE), es bastante variable y depende además de la especie de la madera, la dirección de la fuerza a que es sometida la madera así como también de su humedad. El MOE es de importancia en el dimensionamiento de piezas que serán sometidos a esfuerzos de flexión o de compresión en columnas largas.

- Resistencia a la compresión: depende de la densidad de

la madera, siendo mayor con el aumento de la densidad. Además de la densidad de la especie, depende del contenido de humedad y también si el esfuerzo es aplicado paralelo y perpendicular a las fibras de la madera. La resistencia de las fibras es varias veces mayor que el sentido transversal de las mismas.

- Resistencia a la Tracción: la resistencia además de depender de la especie de madera, depende de la dirección de las fibras. El alto valor de resistencia a la tracción paralela a las fibras es ventajoso cuando se tiene en consideración el peso específico o el peso volumétrico de algunos materiales. La tracción perpendicular a las fibras consiste en la separación total de las capas de crecimiento, por esfuerzos dirigidos en sentido radial de la madera.

- Resistencia al Cizallamiento: capacidad de la madera en resistir la acción de fuerzas que tienden a hacer que una parte del material se deslize sobre la otra parte adyacente. Los esfuerzos son importante en muchos usos de la madera y las fuerzas que las producen son clasificadas de acuerdo con la dirección que siguen, en cizallamiento paralelo, perpendicular y oblicuo de las fibras. Aumenta también con el aumento

de la densidad.

FERNANDEZ et al (1995), explica que tradicionalmente estos estudios se han efectuado y efectúan haciendo uso de normas de ensayo, que se basan en el empleo de probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos. Los datos así obtenidos tenían y tienen un valor inestimable para conocer la variabilidad de las propiedades dentro del árbol, entre árboles y entre procedencias, a la vez que permiten una comparación de criterios objetivos, y aportan los valores máximos (sin defectos) de una determinada propiedad de esa madera. Sin embargo, cuando es necesario un conocimiento exacto de las propiedades (por ejemplo de madera estructural) habrá que trabajar con pieza de tamaño real, que incorporen los defectos y anomalías que le son propios.

Los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de la especie Cedrela odorata, ha sido estudiada por diversos autores tales como Aróstegui (1982), Cd Woods of the world (1994), www.sudam.gov.br/drn/ (1999) y Guevara (1988); los cuales se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CEDRO SEGUN DIVERSOS AUTORES

PROPIEDAD	CONDICION SATURADA			CONDICION SECA								America Central (5)
	BRASIL (1)	A.C (2)	PERU (3)	GUEVARA GINETH (4)								
				Antioquia	Boyaca	Choco	Magdalena	Narino	Narino	N. Santander	Tolima	
Contenido de humedad (%)	.....	.....	.....	22.6	17.8	16.1	17.0	20.8	17.2	18.7	14.0	12.0
Peso especifico (g/cc)	.....	.....	.....	0.53	0.48	0.47	0.50	0.42	0.42	0.56	0.52	0.40
Densidad basica (g/cc)	0.43	.....	0.42	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Contraccion radial (%)	4.4	4.0	3.10	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Contraccion tangencial (%)	6.2	6.0	7.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Contraccion volumetrica (%)	10.6	10.0	10.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Flexion estatica												
ELP (Kg/cm2)	.....	236	209	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	455
MOR (Kg/cm2)	502	368	395	660	573	660	550	521	603	714	833	601
MOE (Kg/cm2)	73000	61306	72000	101200	83978	106349	76706	79861	88081	109718	100886	70729
Compresion paralela												
RM (Kg/cm2)	260	191	148	312	314	373	328	285	308	388	373	308.6
Compresion perpendicular												
ELP (Kg/cm2)	38	27.3	33	46	41	52	58	45	35	56	59	41
Cizallamiento (kg/cm2)	.....	.....	58	22	21	24	20	18	22	26	30	66.8
Dureza												
Lados (kg/cm2)	.....	.....	273	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	258
Tenacidad (kg-m)	.....	.....	1.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.85

(1) : www.sudam.gov.br/drn/ (1999)

(2 y 5) : America Central. Woods of the world (1994)

(3) : Arostegui (1982)

(4) : Guevara (1988)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar de ejecución

El estudio se realizó en los laboratorios de Anatomía y de Tecnología de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Las muestras para el estudio anatómico y físico-mecánico provienen de Selva Central.

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Especie

La especie estudiada es conocida como "Cedro de agua" y "Cedro huasca" cuyo nombre científico es Cedrela odorata L.

3.2.2 Materiales de Campo

- Libreta de campo.
- Wincha metálica.
- Motosierra debidamente equipada.
- Pintura de aluminio.
- Machetes.
- Lápices.
- Otros.

3.2.3 Equipo para preparación de probetas

- Sierra de cinta.
- Sierra radial.
- Sierra circular.
- Garlopa.
- Cepilladora.

3.2.4 Equipos de Laboratorio (Anatomía y Propiedades Físico-Mecánico)

- Micrótopo horizontal.
- Microscopio biológico.
- Afilador de cuchilla.
- Estufa eléctrica.
- Balanza de precisión.
- Prensa universal y accesorios.
- Mitutoyo.
- Probadora de tenacidad baldwin.
- Cocina eléctrica.

3.2.5 Materiales de Laboratorio

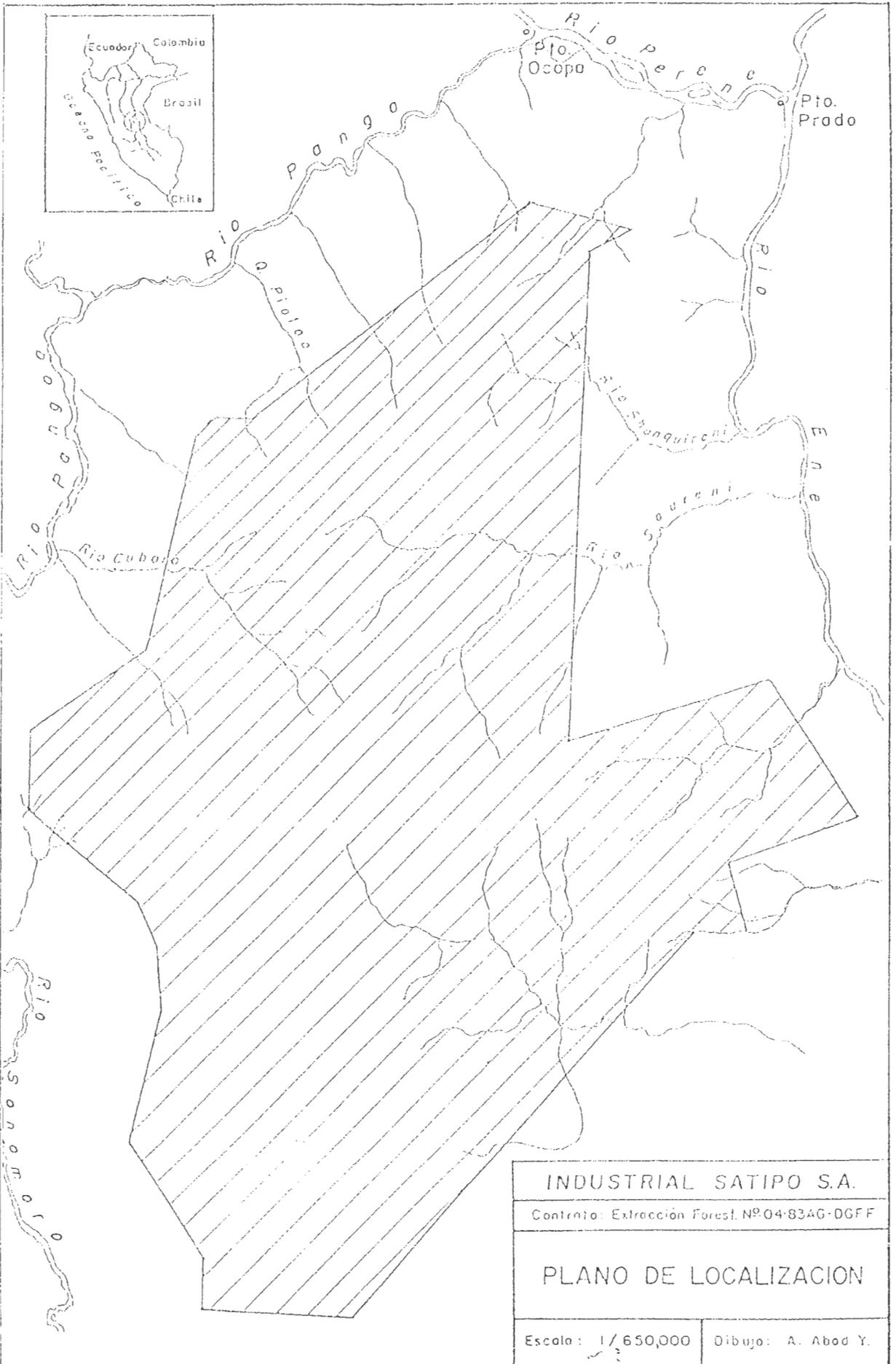
- Lupa 10x.
- Porta y cubre objetos.
- Abrasivo de afilado.
- Balsamo de canada.
- Safranina.

- Xilol.
- Alcohol.
- Placa petri.
- Etiquetas.
- Cuchilla standley.
- Computadora.
- Calculadora.
- Material de escritorio.
- Desecadores de laboratorio.
- Formularios.

3.3 Métodos y procedimientos

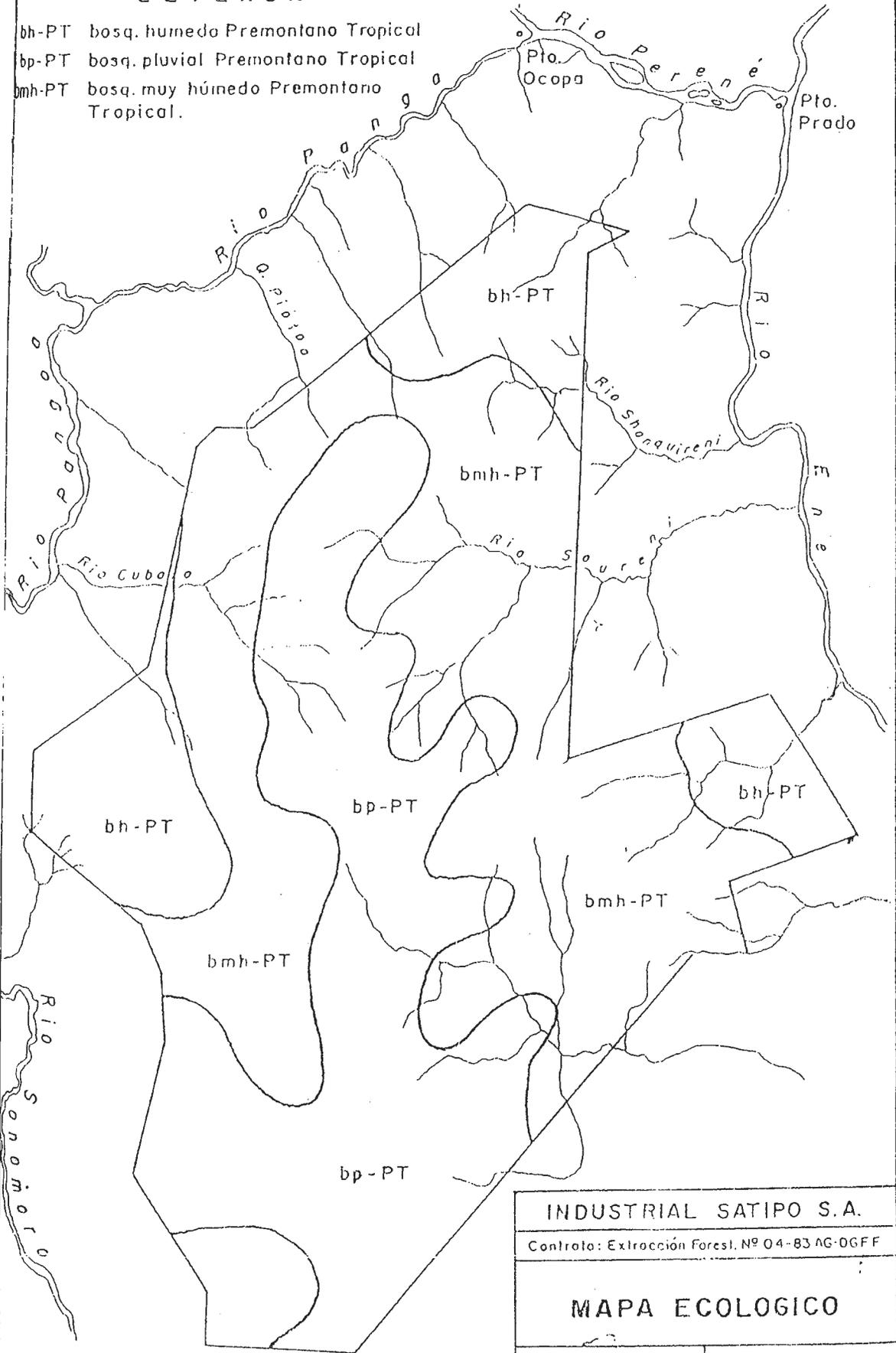
3.3.1 Ubicación de la Zona

El área de estudio se encuentra dentro de un Contrato Forestal de 42,970 Ha, ubicado en la provincia de Satipo, distrito de Pangoa, otorgado a la empresa Industrial Satipo S.A.C. En las figuras 1 y 2 se muestran el plano de localización y el mapa ecológico de la zona en estudio.



LEYENDA

- bh-PT bosq. húmedo Premontano Tropical
- bp-PT bosq. pluvial Premontano Tropical
- bmh-PT bosq. muy húmedo Premontano Tropical.



INDUSTRIAL SATIPO S.A.	
Contrato: Extracción Forest. Nº 04-83 AG-0GFF	
MAPA ECOLOGICO	
Escola: 1/650,000	Dibujo: A. Abad Y.

3.3.2 Evaluación y selección de muestras

Las muestras para el estudio anatómico y físico-mecánico se realizó en base a lo establecido por la Norma Técnica Peruana 251.008 "Selección y colección de muestras"; que establece un número de 5 árboles por especie seleccionados al azar, es decir, se realizó con una seguridad estadística del 95% y un nivel de confianza del 15%. Previamente a la selección se evaluó por lo menos 30 árboles considerados comerciales y que se encuentran dentro del área anual de corta. Para asegurar el acceso de la maquinaria de extracción a los arboles, se evaluó aquellos que se encuentran cercanos a los caminos forestales, siendo estos principales, secundarios o vías de arrastre de tractor forestal.

3.3.3 Identificación de muestras

Previó al transporte hasta el centro de transformación se coleccionó muestras botánicas completas de 2 individuos. Estas fueron enviadas al Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales donde se identificó la especie.

3.3.4 Selección de trozas

La selección al azar de los árboles se realizó en el patio de trozas del aserradero. Previamente en el bosque, los árboles evaluados estuvieron marcados, con pintura, con un número correlativo, luego del tumbado y trozado, las trozas fueron marcadas con el mismo número de árbol en ambos extremos. No se tomó en cuenta la posición de la troza relativa a la altura del fuste, cada uno estuvo con el mismo número del árbol. La selección de la troza en cada árbol es igualmente al azar. Una vez que ingreso al aserradero por lo menos una troza de cada árbol que se evaluó se procedió a seleccionar al azar primero 5 árboles y luego una troza de cada uno de ellos.

3.3.5 Procesamiento de trozas

Una vez seleccionadas las trozas, se cortó una rodaja de cada una, para el estudio anatómico, luego se colocó una tras otra en la plataforma de espera de trozas de la sierra de cinta. Una vez allí y para lograr que la madera esté lo mejor orientada posible se observó los anillos de crecimiento, la médula y su dirección a lo largo de la troza, luego se ubicó con

crayola el tablón central de aproximadamente 6 pulgadas de espesor, luego se aserró en dos tablones de 3 pulgadas de espesor cada uno. Obtenidos los tablones de 3 pulgadas de espesor y ancho variable según el diámetro de la troza, se pasan estos por la canteadora para descartar médula y albura para así obtener cuarterones bien orientados y sanos. Inmediatamente se los despunta a lo largo de 5 pies. Adicionalmente, de cada troza se cortó un tablón de 4 pulgadas de espesor por 5 pies de largo destinado a obtener muestras de xiloteca.

El dimensionamiento final de la sección se realizó en una cinta tableadora, a dimensiones de 3 por 3 y 4 por 4 pulgadas, con lo cual la madera fue enzunchada y transportada a los laboratorios de la Facultad de Ciencias Forestales.

3.3.6 Estudio Anatómico

El estudio anatómico de la especie comprende:

- a) Descripción general: Se utilizó rodajas de madera de 10 cm. de espesor para la descripción de: corteza, anillos de crecimiento, albura, duramen, médula e inclusiones.

- b) Descripción macroscópica: Se empleó muestras de xiloteca de 2x10x15 cm de corte radial y tangencial. Se observó: tipo de parénquima, poros, radios, textura, veteado y otros.
- c) Descripción microscópica: Se preparó láminas histológicas en sección transversal, radial, tangencial así como de tejido macerado proveniente de cubito de madera de 1x1x1 cm debidamente orientados. En ellos se hizo observaciones microscópicas, mediciones de fibras y de los elementos vasculares.

3.3.7 Preparación de láminas y tejido macerado para el estudio microscópico.

- a) Ablandamiento de los cubos, corte y obtención de láminas.

Los cubos de madera de 1x1x1 cm orientadas en sus caras radiales, tangencial y transversal fueron ablandados por el método de baño maría con un tiempo prolongado de 3 a 4 horas en promedio. De los cubos ablandados se obtuvieron cortes microtómicos de un espesor variables entre 28 a 30 micras.

b) Deshidratación y coloración

Obtenidas las láminas en el micrótopo, se procedió a llevarlos a soluciones de alcohol de 30, 60 y 90° en forma progresiva para su deshidratación. Luego se trasladó las láminas a una solución de safranina al 1% en alcohol de 90° para su respectiva coloración. Posteriormente se lavó con alcohol de 90° para quitar el exceso de colorante.

c) Montaje

Luego de la coloración se procedió a cuadrar las láminas con ayuda de un bisturí, fijándose posteriormente al porta objeto con bálsamo de canada y cubriéndose cuidadosamente con el cubre objeto. El orden del montaje fue la lámina transversal al lado izquierdo seguido por la radial y luego la tangencial; al extremo derecho se ubicó una etiqueta con el número de xiloteca.

d) Secado de láminas

Colocarlas en estufa a 50° de temperatura por espacio de 5 días.

e) Maceración de Tejidos

A partir de los cubos de 1x1x1 cm se obtuvieron astillas de madera con ayuda de la cuchilla cuneiforme.

Luego se empleó el método de ácido nítrico al 33% para la maceración de las astillas en un tiempo prolongado de 10 minutos. Luego que las astillas se ablandaron y se separaron los elementos xilématicos se procedió a lavar el tejido macerado con agua de caño varias veces.

Posteriormente se procedió a la coloración de la safranina al 1% en alcohol de 90 grados y su montaje en placas porta objetos, separándose las fibras y vasos con ayuda de pincel y aguja hipodérmica. Finalmente se procedió al montaje y secado del tejido macerado de manera similar que para el caso de láminas.

3.3.8 Estudio Físico-Mecánico: comprende

3.3.8.1 Propiedades Físicas: se indica el número de probetas ensayadas; así como la Norma Técnica empleada.

Contenido de humedad	50	NORMA TECNICA PERUANA 251.010
Densidad	50	NORMA TECNICA PERUANA 251.011
Contracciones	50	NORMA TECNICA PERUANA 251.012

3.3.8.2 Propiedades Mecánicas: se indica el número de probetas ensayadas; así como la Norma Técnica empleada. Los ensayos fueron realizados en condición saturada.

Flexión estática	26	NORMA TECNICA PERUANA 251.017
Compresión paralela	20	NORMA TECNICA PERUANA 251.014
Compresión perpendicular	20	NORMA TECNICA PERUANA 251.016
Cizall. paralelo al grano	40	NORMA TECNICA PERUANA 251.013
Clivaje	40	NORMA TECNICA PERUANA 251.019
Tenacidad	20	NORMA TECNICA PERUANA 251.018
Dureza	18	NORMA TECNICA PERUANA 251.015
Tracción perpend. al grano	37	NORMA TECNICA PERUANA 251.086
Extracción de clavos	15	NORMA TECNICA PERUANA 251.036

3.3.9 Evaluación de los resultados

Los parámetros estadísticos de longitud de los elementos anatómicos y propiedades físico mecánicas se calcularon según la norma COPANT N° 30-012. Así se

obtuvieron resultados para cada tipo de muestra calculándose su promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad respectivamente.

Además se realizó un modelo de regresión lineal simple entre la densidad básica y las principales propiedades mecánicas con su respectivo cuadro ANVA, coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (r^2).

Con la información generada se propuso la aptitud de usos de la especie desde el punto de vista tecnológico.

IV. RESULTADOS

4.1 Descripción Anatómica de la Especie

Características Generales

En condición seca al aire, la madera presenta ligera diferenciación entre albura y duramen; la albura es de color crema y el duramen es de color rojo; olor característico y sabor ausente; brillo medio; vetado en arcos superpuestos muy pronunciados en corte tangencial originados por los anillos de crecimiento y líneas verticales poco demarcadas en corte radial; grano recto a ondulado; textura media. Los anillos de crecimiento son diferenciados por bandas oscuras de forma regular, el número promedio en 2.5 cm. es de 6 (rango: 4-7)

Descripción Macroscópica

Poros: Visibles a simple vista, difusos generalmente más grandes en el límite de los anillos de crecimiento, solitarios y múltiples radiales en mayor proporción. Líneas vasculares en la sección tangencial visibles a simple vista, angostas con prolongaciones cortas o más o menos largas. Presencia de gomas de coloración oscura.

Parénquima: Visible con lupa, en bandas del tipo marginal y

paratraqueal vasicéntrico; su concentración en los anillos de crecimiento no cambia.

Radios: En la sección transversal, visibles con lupa, en la sección tangencial son no estratificados; en la sección radial, poco contrastados y visibles a simple vista.

Descripción Microscópica

Dicha descripción se complementa con microfotografías de la estructura anatómica de la madera a 60X.

Poros/Vasos: Difusos y redondos. Diámetro tangencial promedio 209 micras, clasificados como grandes (rango:145 a 263 micras). En promedio 3 poros/mm² clasificados como pocos (rango:0 a 6). Solitarios y múltiples radiales de dos a cuatro. Longitud promedio de los elementos vasculares 397 micras, clasificados como medianos (rango: 307 a 461 micras). Platina de perforación simple, horizontales. Puntuaciones intervasculares de 12 micras de diámetro, clasificadas como grandes, alternas, redondas, abertura incluso de forma lenticelar.

Parénquima: En bandas del tipo marginal, paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal difuso. En corte longitudinal los elementos son alargados y no estratificados

Radios: En la sección tangencial extremadamente cortos, de altura promedio 328 micras, de 3 a 26 células de altura; generalmente biseriados y triseriados. En la sección radial homocelulares formados por células procumbentes y escasos heterocelulares formados por células procumbentes y una línea marginal de células erectas. De 3 radios/mm en promedio clasificados como pocos (rango: 1 a 6). Homogéneos y escasos heterogéneos tipo II. Puntuaciones radiovasculares similares a las intervasculares.

Fibras: Libriformes, longitud promedio de 1268 micras, clasificadas como medianas (rango: 1190 a 1421 micras); diámetro de 23 micras y espesor de pared muy delgada (2.1 micras), no estratificados. Puntuaciones no visibles.

Inclusiones: Presencia de gomas de coloración oscura en los poros y radios.

Igualmente en el cuadro 2, se presenta los promedios, desviación estándar y coeficientes de variabilidad de los elementos anatómicos para la especie; así como sus respectivos límites de confianza para un nivel de significación ($\alpha=0.05$). En el anexo N° 1 se detalla dicha información a nivel de cada árbol.

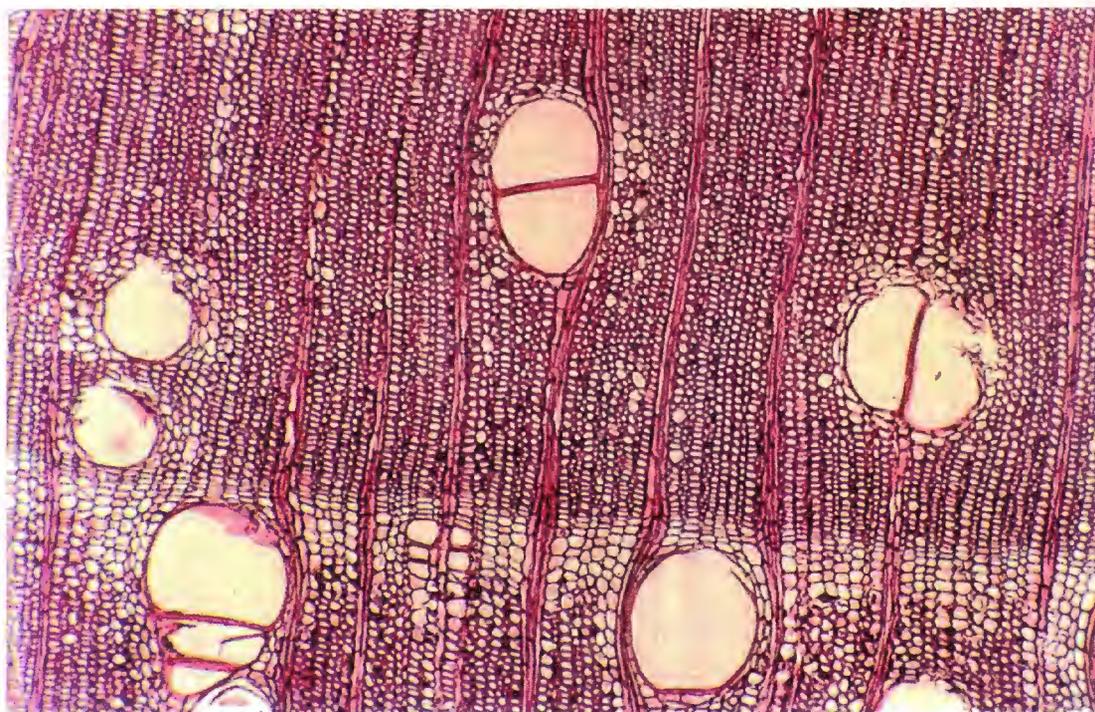


Fig. 3: Corte transversal de Cedrela odorata (60X)

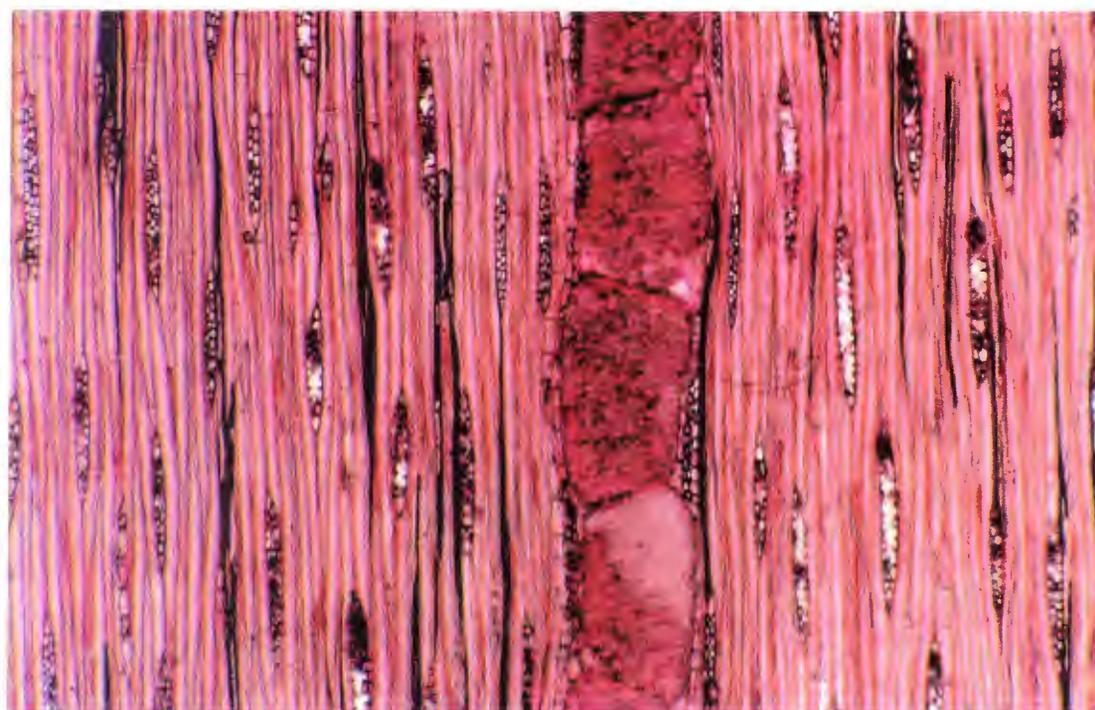


Fig. 4: Corte tangencial de Cedrela odorata (60X)

CUADRO 2. VALORES ESTADISTICOS DE LOS ELEMENTOS ANATOMICOS DEL CEDRO DE AGUA

VARIABLES	PROMEDIOS	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTES DE VARIABILIDAD (%)
Diámetro tangencial de poros (u)	209 ± 10	56.28	26.45
Longitud de vasos (u)	397 ± 10	59.27	14.93
Número de poros/mm ²	3 ± 1	1.12	37.33
Altura de radios (u)	328 ± 19	107.26	32.70
Ancho de radios (u)	34 ± 2	9.20	27.06
Número de células en altura	11 ± 1	4.27	38.82
Número de células en ancho	2 ± 0	0.69	34.50
Número de radios/mm	3 ± 0	1.07	35.67
Longitud de fibras (u)	1268 ± 26	160.41	12.65
Diámetro de fibras (u)	23 ± 1	5.18	22.52
Espesor de pared (u)	2.1 ± 0.11	0.65	30.95

4.2 Propiedades Físicas y Mecánicas

En los cuadros 3 y 4 se presentan los promedios, desviación estándar y coeficientes de variabilidad de las propiedades físicas y mecánicas; así como sus respectivos límites de confianza para un nivel de significación ($\alpha=0.05$). En los anexos N° 2 y 3 se detalla dicha información a nivel de cada árbol.

CUADRO 3. PROPIEDADES FISICAS DEL CEDRO DE AGUA

	Densidad	Densidad	Contracciones (%)			Relación
	Basica (g/cc)	Anhidra (g/cc)	Radial	Tangencial	Volumetrica	T/R
X	0.405 ± 0.01	0.471 ± 0.01	3.70 ± 0.36	7.06 ± 0.66	13.23 ± 0.73	1.91
S	0.022	0.026	0.92	1.69	1.88	
C.V.	5.43	5.52	24.86	23.94	14.21	

CUADRO 4. PROPIEDADES MECANICAS DEL CEDRO DE AGUA

PROPIEDAD	CONDICION SATURADA		
	X	S	C.V.
FLEXION ESTATICA			
ELP (Kg/cm ²)	275 ± 24.50	45.00	16.40
MOR (Kg/cm ²)	484 ± 37.70	69.20	14.30
MOE (Kg/cm ²)	83733 ± 9881	18150	21.70
COMPRESION PARALELA			
ELP (Kg/cm ²)	125 ± 14.20	22.90	18.30
RM (Kg/cm ²)	178 ± 21.20	34.20	19.20
MOE (Kg/cm ²)	79332 ± 10038	16171	20.40
COMPRESION PERPENDICULAR			
ELP (Kg/cm ²)	23 ± 2.50	4.00	17.40
CLIVAJE (Kg/cm ²)	30 ± 3.0	6.80	22.70
TRACCION PERPENDICULAR (Kg/cm ²)	22 ± 2.90	6.30	28.60
CIZALLAMIENTC (Kg/cm ²)	47 ± 4.00	9.00	19.10
DUREZA			
LADOS (Kg/cm ²)	238 ± 29.80	45.50	19.10
EXTREMOS (Kg/cm ²)	242 ± 31.00	47.30	19.50
TENACIDAD (Kg-m)	1.60 ± 0.12	0.20	12.50
EXTRACION DE CLAVOS			
LADOS (Kg/cm ²)	58 ± 7.30	10.20	17.60
EXTREMOS (Kg/cm ²)	37 ± 6.80	9.50	25.70

X Promedio
 S Desviación standart
 C.V. Coeficiente de variabilidad

V. DISCUSION

5.1 Descripción Anatómica de la Especie

Las diferencias anatómicas entre la madera en estudio y la de Pucallpa son el grano, sabor, presencia de cristales, presencia de canales gomíferos traumáticos, diámetro de poros, número de poros por mm², longitud y diámetro de fibras y espesor de pared que se presentan en el Cuadro 5. Las diferencias de estas características podría explicarse conforme lo indican MARZOCCA (1985) y HEYWOOD (1967), por presencia de caracteres variables en las plantas en donde cada especie, presenta su propia respuesta a las distintas condiciones ambientales que se definen como diferenciación ecotípica. Es característico en la especie, el espesor muy delgado de sus fibras cuya influencia se discute con otros comportamientos de la madera más adelante.

Otras características cualitativas observadas a esta especie es su mala trabajabilidad, es considerada una madera tramosa explicable por su tipo de grano ondulado (Figura 5), conforme lo indica VIGNOTE (1996), quien señala que los efectos más saltantes en maderas con fibra ondulada son, por una parte, la aparición de repelo (fibras, vasos y radios); en las operaciones de cepillado y torneado, que

CUADRO 5. CARACTERISTICAS GENERALES, MACROSCOPICAS Y MICROSCOPICAS DEL CEDRO SEGUN DIVERSOS AUTORES

	LAM (1969)	GUEVARA (1988)	INIA (1996)	AROSTEGUI (1974)	ESPECIE EN ESTUDIO
CARACTERISTICAS GENERALES					
Color rojo y grano recto	*	*	*	*	*
Grano entrecruzado	*			*	
Grano ondulado		*			*
Textura media	*	*	*	*	*
Textura gruesa	*	*	*		
Veteado en arcos superpuestos	*	*	*	*	*
Veteado en lineas verticales		*	*	*	*
Olor caracteristico				*	*
Olor distintivo a fragante		*	*		
Sabor ausente		*			*
Sabor amargo			*	*	
CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS					
Poros solitarios		*	*	*	*
Poros multiples radiales		*	*	*	*
Parenquima marginal y vasicentrico	*	*	*	*	*
Presencia de gomas	*	*	*	*	*
CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS					
Perforacion simple en vasos		*	*	*	*
Punteaduras alternas			*	*	*
Parenquima difuso	*		*	*	*
Parenquima vasicentrico	*	*	*	*	*
Parenquima marginal	*	*	*	*	*
Radios uniseriados	*	*	*	*	*
Radios heterogeneos tipo II	*	*	*	*	*
Fibras libriformes			*	*	*
Presencia de cristales			*	*	
Canales gomiferos traumaticos				*	
VARIABLES CUANTITATIVAS					
Diametro tangencial de poros (micras)				165	209
Longitud de vasos (micras)				429	397
Numero de poros/mm ²				5	3
Altura de radios (micras)				295	328
Longitud de fibras (micras)				1369	1268
Diametro de fibras (micras)				18	23
Espesor de pared (micras)				3	2.1



Fig. 5: Grano ondulado y madera tramosa



Fig. 6: Muestras de Cedro mostrando colapso

obliga a corregirlo a base de un lijado cuidadoso. Además de tensiones en el fuste que podría deberse a condiciones propias de crecimiento; así esta especie crece en lugares cercanos a quebradas de allí el nombre de Cedro de Agua y en lugares con pendientes; ocasionando por consiguiente la desviación en el crecimiento de los elementos xilemáticos.

Otro factor adverso de esta especie es que en algunos arboles se produjo colapso (Figura 6); corroborando lo manifestado por WOODS OF THE WORLD (1994), quien manifiesta que la madera de esta especie, muestra algunas tendencias de deformación y colapso apreciable. Dicha presencia se produce a humedades por encima del punto de saturación de las fibras, que podría explicarse porque la especie presenta espesores de pared muy delgada y lumenes grandes que originan la salida rápida de agua libre presente, así como parte del agua que satura las paredes celulares, que determinan el aplastamiento de los tejidos comprometidos conforme lo indica GONZALEZ (1996). Este mismo autor, agrega que la madera de los arboles que crecen en lugares pantanosos como es el caso del Cedro de Agua, tienen una mayor tendencia al colapso, que la que crece en forma normal, en zonas secas o húmedas. Igualmente LAM (1969), señala que arboles de la especie *Cedrela odorata* L. contienen madera de tensión que sufren seria combadura y en

general colapsan aún en el secado al aire.

Con respecto a la longitud de fibras, vasos y espesor de pared los valores en el presente estudio son menores a los reportados por **AROSTEGUI (1974)**. Igualmente no se cumple lo que indica **VIGNOTE (1996)**, quien señala que las células de la madera de arboles con tensiones de crecimiento alto, poseen una longitud de fibra, vasos y espesor de pared mayor que arboles que tienen tensiones inferiores.

5.2 Propiedades Físicas

El valor de densidad básica obtenido fue de 0.405 lo que indica, según la clasificación propuesta por **ACEVEDO Y CHAVESTA (1991)**, que la especie en estudio es de propiedades físicas entre bajas y medias. Dicho valor es ligeramente menor al reportado por **AROSTEGUI (0.42)**; sin embargo hay que precisar que el valor dado por este autor, corresponde a un sólo árbol.

Referente a las contracciones: radial (3.70%), tangencial (7.06%), y volumétrica (13.23%) son mayores a los reportados por **AROSTEGUI (Cuadro 6)**. Igualmente los

coeficientes de variabilidad obtenidos, son mayores a los valores permisibles dados por **WOOD HANDBOOK (1974)** y el **ACUERDO DE CARTAGENA (1979)**, conforme al Cuadro 7. Esta mayor variabilidad se ve afectada por tres de los cinco arboles, conforme se observa en Anexo 2.

CUADRO 6. VALORES COMPARATIVOS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS SEGUN DIVERSOS AUTORES

PROPIEDAD	CONDICION SATURADA			
	BRASIL (1)	America Central (2)	PERU (3)	PERU (4)
Contenido de humedad (%)	.....	.....	.....	.....
Peso especifico (g/cc)	.....	.....	.....	.....
Densidad basica (g/cc)	0.43	.....	0.42	0.405
Contraccion radial (%)	4.4	4.0	3.10	3.70
Contraccion tangencial (%)	6.2	6.0	7.0	7.06
Contraccion volumetrica (%)	10.6	10.0	10.5	13.23
Flexion estatica				
ELP (Kg/cm ²)	.....	236	209	275
MOP (Kg/cm ²)	502	368	395	484
MOE (Kg/cm ²)	73000	61308	72000	83733
Compresion paralela				
RM (Kg/cm ²)	260	191	148	178
Compresion perpendicular				
ELP (Kg/cm ²)	38	27.3	33	23
Cizallamiento (kg/cm ²)	.....	.....	58	47
Dureza				
Lados (kg/cm ²)	.....	.....	273	238
Tenacidad (kg-m)	.....	.....	1.3	1.6

(1) : www.sudam.gov.br/drn/ (1999)

(2) : America Central. Woods of the world (1994)

(3) : Pucallpa (Peru). Arostegui (1982)

(4) : Satipo (Peru). Presente Estudio.

CUADRO 7. COEFICIENTES DE VARIABILIDAD OBTENIDOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS CON LOS VALORES PERMISIBLES DADOS POR WOOD HANDBOOK Y EL ACUERDO DE CARTAGENA

PROPIEDADES FÍSICAS	Cedrela odorata (%)	Valores Permisibles (%)	
		Wood Handbook (1)	Junac (2)
Densidad	5.43	10	9
Contracción Radial	24.86	15	...
Contracción Tangencial	23.94	14	...
Contracción Volumétrica	14.21	16	12
PROPIEDADES MECÁNICAS			
Flexión estática			
ELP	16.4	22	21
MOR	14.3	16	16
MOE	21.7	22	20
Compresión paralela			
ELP	18.3	24	22
RM	19.2	18	17
MOE	20.4	29	21
Compresión perpendicular	17.4	28	21
Cizallamiento	19.1	14	16
Tracción perpendicular	28.6	25	...
Dureza (Lados)	19.1	17	20
(Extremos)	19.5	20	...
Tenacidad	12.5	34	32

(1) U.S. WOOD HANDBOOK. Department of Agriculture.

(2) PADT-REFORT. Junta de Acuerdo de Cartagena.

5.3 Propiedades Mecánicas

De acuerdo a los valores promedios obtenidos de resistencia mecánica y a los criterios adoptados por **ACEVEDO Y CHAVESTA (1991)** así como por **AROSTEGUI (1982)**, el Cedro proveniente de Satipo es de baja resistencia mecánica.

Comparando los resultados encontrados podemos indicar que la mayoría de las propiedades mecánicas son menores a los valores promedios en resistencia mecánica obtenido por **AROSTEGUI (1982)**; excepto en resistencia a la flexión, compresión paralela y tenacidad. Estas variabilidades podrían deberse, a que los estudios realizados por **AROSTEGUI (1982)**, pertenecen a un sólo árbol; así como también a factores edáficos y medio ambientales propias de la zona como precipitación, temperatura, altitud y zona de vida. En el Cuadro 6, se presentan valores comparativos de las propiedades mecánicas realizados por diversos autores en condición saturada; así también se presentan las figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12 en las que se observa que los valores obtenidos en flexión estática (MOR y MOE) y compresión paralela son mayores a los reportados por **AROSTEGUI**; en tanto la compresión perpendicular, cizallamiento y dureza en lados son ligeramente menores.

Fig 7: Valores Comparativos Promedios de Flexión Estática (MOR)

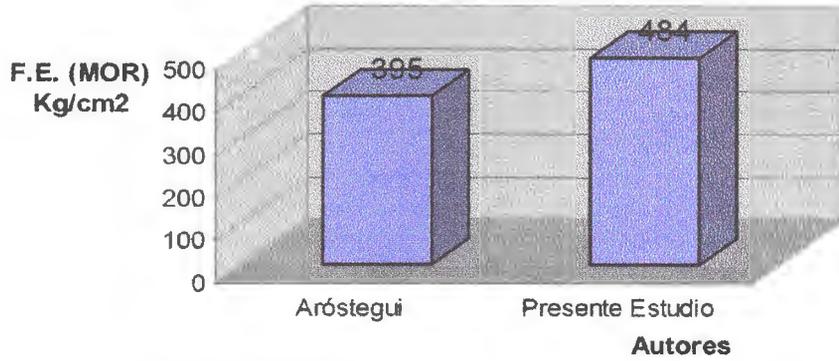


Fig 8: Valores Comparativos Promedios de Flexión Estática (MOE)

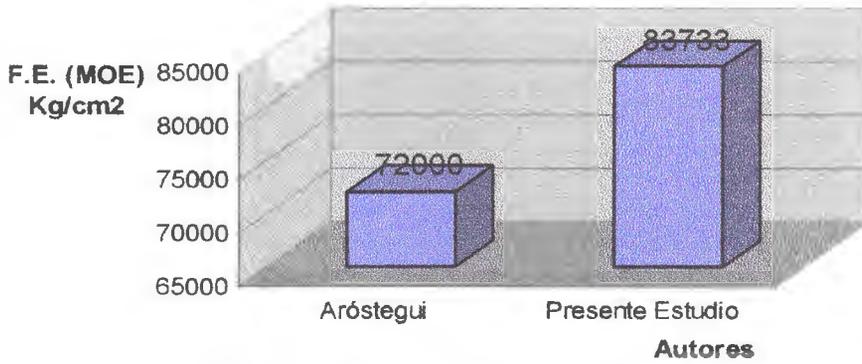


Fig. 9: Valores Comparativos Promedios de Compresión Paralela (RM)

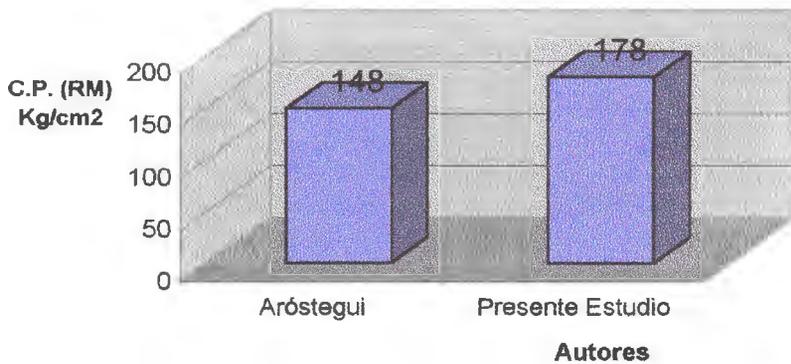


Fig. 10: Valores Comparativos Promedios de Compresión Perpendicular (ELP)

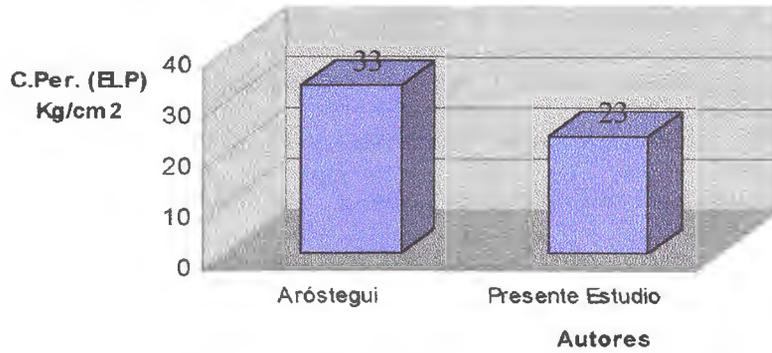


Fig. 11: Valores Comparativos Promedios de Cizallamiento

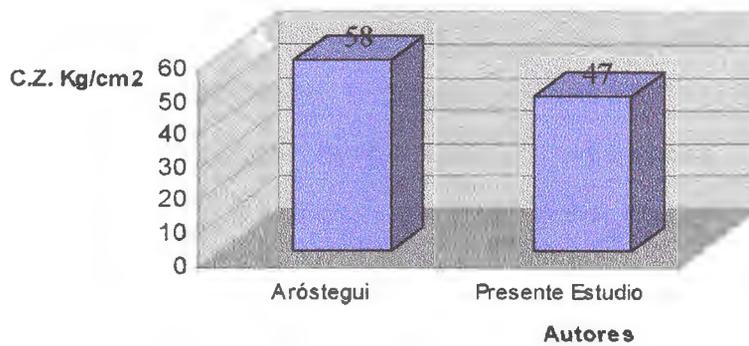
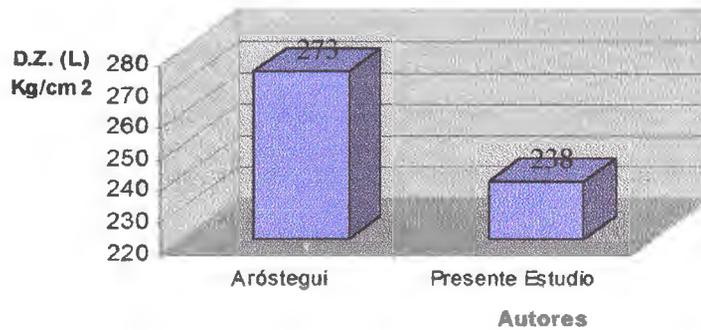


Fig. 12: Valores Comparativos Promedios de Dureza (Lados)



Igualmente en el cuadro 7 se comparan los coeficientes de variabilidad obtenidos en las propiedades mecánicas de la especie en estudio con los valores permisibles dados por **WOOD HANDBOOK (1974)** y el **ACUERDO DE CARTAGENA (1979)**. De dicho cuadro, podemos indicar que los coeficientes de variabilidad obtenidos se hallan dentro de los rangos establecidos; excepto en cizallamiento y tracción perpendicular.

Del análisis de variancia, regresión y correlación (Cuadros 8 y 9); podemos indicar que la densidad básica es una buena variable para predecir los valores de resistencia, siendo suficiente utilizar un modelo de regresión lineal simple. Además se aplicó la prueba F, encontrándose que los coeficientes de regresión son significativos.

Los valores del coeficiente de correlación (r), están cercanos a uno, lo cual nos indica una alta correlación (grado de asociación) que acorde con la clasificación dada por **CALZADA (1985)**, corresponden a un coeficiente muy alto. Dicha correlación es positiva entre las principales propiedades mecánicas y la densidad básica, esto puede observarse en las figuras 13, 14, 15, 16, 17 y 18 ya que la tendencia de los puntos está bastante ajustada a la curva

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANCIA ENTRE LA DENSIDAD BASICA Y LAS PRINCIPALES PROPIEDADES MECANICAS

PROPIEDAD	FUENTE	GL	SC	CM	FC	FT	SIGNIFICACION
Flexion Estatica (MOR)	Regresion	1	111862	111862	337.76	4.26	*
	Error	24	7934	331			
	Total	25	119596				
Flexion Estatica (MOE)	Regresion	1	5630291142	5630291142	51.87	4.26	*
	Error	24	2605054943	108543958			
	Total	25	8235346085				
Compresion Paralela (PM)	Regresion	1	20264	20264	190.49	4.41	*
	Error	18	1915	106			
	Total	19	22179				
Compresion Perpendicular (ELP)	Regresion	1	275.41	275.41	156.88	4.41	*
	Error	18	31.58	1.75			
	Total	19	306.99				
Cizallamiento	Regresion	1	2997.8	2997.8	594.09	4.10	*
	Error	36	191.8	5.0			
	Total	39	3189.6				
Dureza	Regresion	1	32873	32873	229.96	4.49	*
	Error	16	2287	1143			
	Total	17	35160				

CUADRO 9. VALORES DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION (r), DETERMINACION (r²) Y ECUACIONES DE REGRESION LINEAL SIMPLE ENTRE LA DENSIDAD BASICA Y LAS PRINCIPALES PROPIEDADES MECANICAS

PROPIEDADES MECANICAS (Variable independiente)	COEFICIENTES		ECUACION
	r	r ² %	
Flexión Estática (MOR)	0.966	93.4	Y = - 676 + 2861X
(MOE)	0.827	68.4	Y = - 176659 + 642333X
Compresión Paralela (RM)	0.958	91.4	Y = - 350 + 1315X
Compresión Perpendicular(ELP)	0.947	89.7	Y = - 38.9 + 153X
Cizallamiento	0.969	94.0	Y = - 116 + 401X
Dureza	0.967	93.5	Y = - 460 + 1725X

$$Y = -676 + 2861 X$$

F.E.(MOR) Kg/cm²

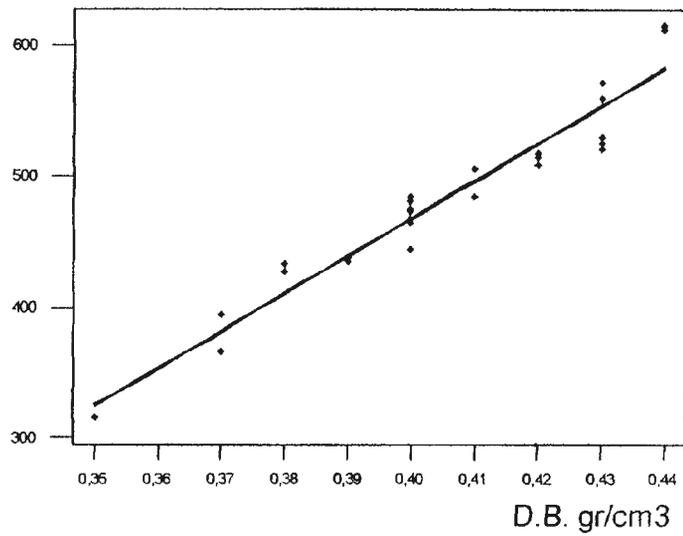


Fig. 13 : Ecuación de Regresión Lineal Simple. Densidad Básica vs. Flexión Estática (MOR).

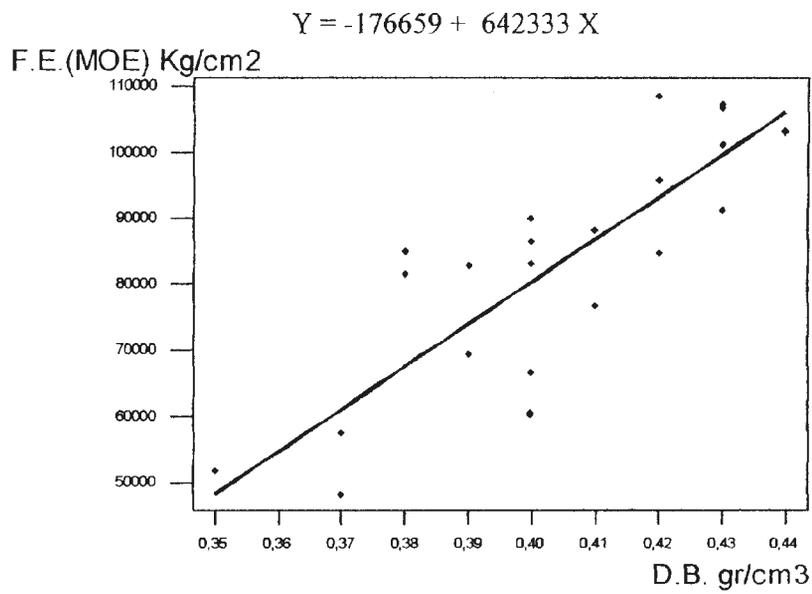


Fig. 14 : Ecuación de Regresión Lineal Simple. Densidad Básica vs. Flexión Estática (MOE).

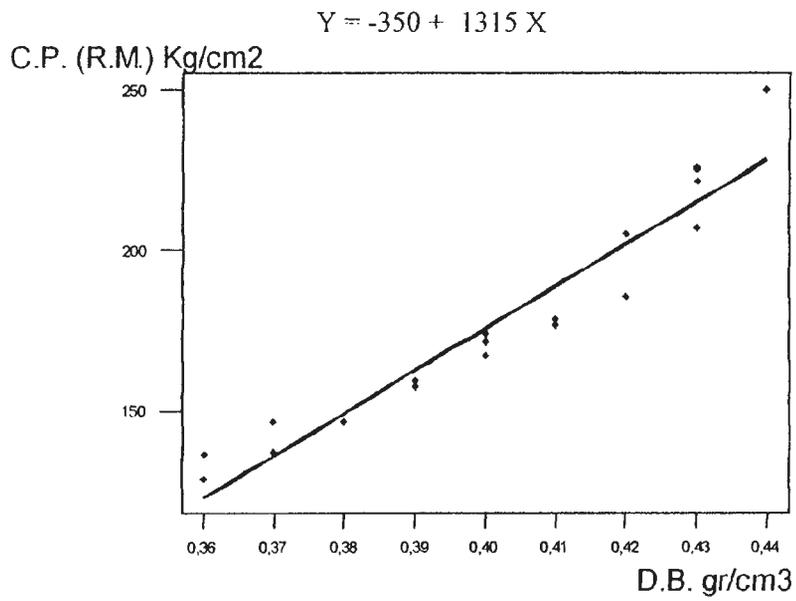


Fig. 15: Ecuación de Regresión Lineal Simple. Densidad Básica vs. Compresión Paralela (R.M.).

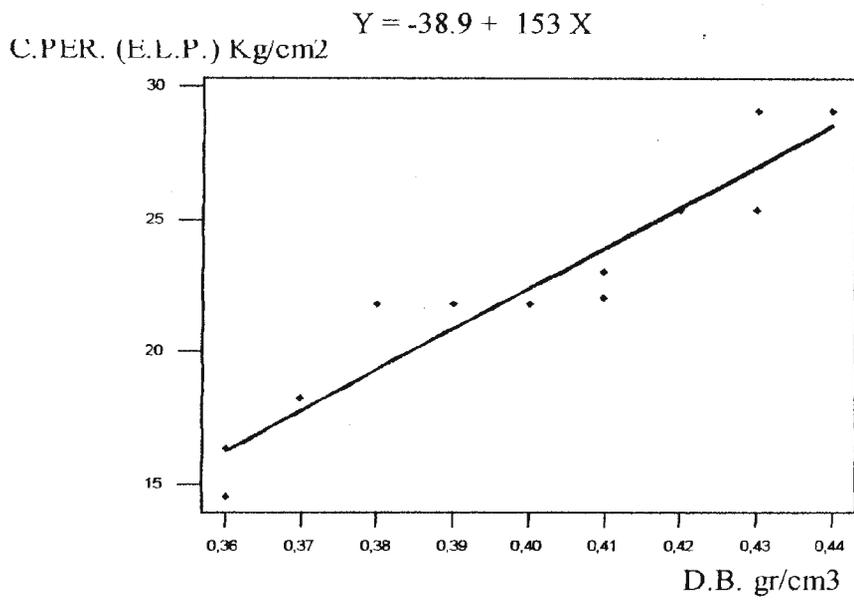


Fig. 16 : Ecuación de Regresión Lineal Simple. Densidad Básica vs. Compresión Perpendicular (E.L.P.).

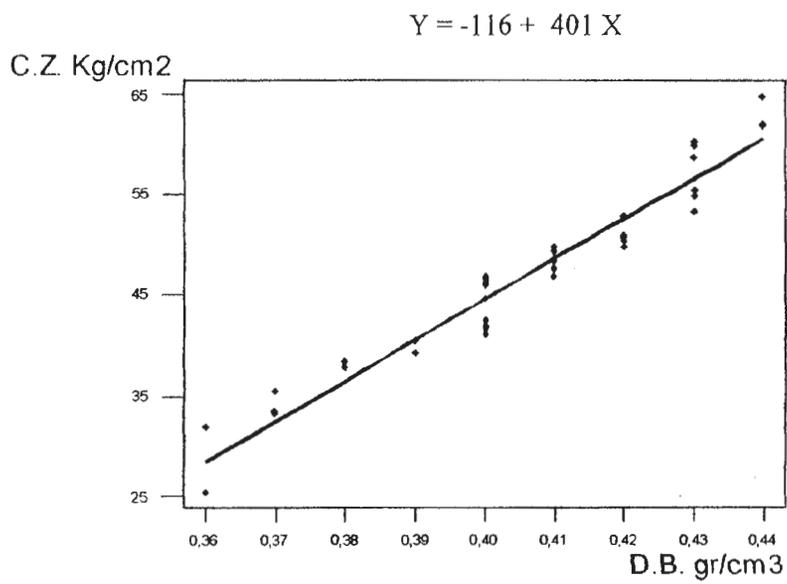


Fig. 17 : Ecuación de Regresión Lineal Simple. Densidad Básica vs. Cizallamiento.

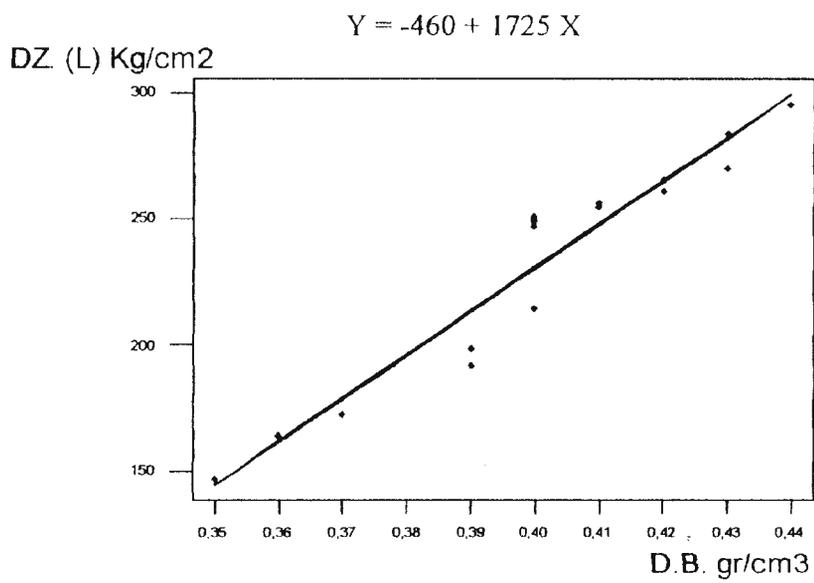


Fig. 18 : Ecuación de Regresión Lineal Simple. Densidad Básica vs. Dureza (Lados).

de regresión lineal. Además los coeficientes de determinación (r^2) de la variación total observada en las propiedades mecánicas, es explicada en un alto porcentaje por la densidad básica.

Finalmente del análisis y evaluación de los resultados así como de las características cualitativas observadas, se presentan los usos probables para la especie en estudio, así como usos reportados por otros autores (Cuadro 10).

CUADRO 10. USOS DE LA MADERA DEL CEDRO SEGUN DIVERSOS AUTORES

AUTORES	USOS
LAM (1969)	Chapas decorativas, fabricacion de cajas de tabaco, fabricacion de lanchas, construccion de muebles, tableros, baules y armarios.
INIA (1996)	Chapas decorativas, contrachapados, muebleria fina, ebanisteria, puertas, ventanas, tallados, revestimientos decorativos, canoas e instrumentos musicales
GUEVARA (1988)	Muebles, ebanisteria, chapas decorativas, interiores de closet, cajas (estuches y empaques finos), fabricacion de lanchas, instrumentos musicales y entalladuras.
AROSTEGUI (1974)	Obras interiores y exteriores, muebles, ebanisteria, en construcciones de barcos (cubiertas, entalladuras), canoas, instrumentos musicales y madera compensada
PRESENTE INVESTIGACION	Laminado de chapas decorativas, carpinteria de obra (interiores, tabiqueria, cielo raso y zocalos).

VI. CONCLUSIONES

- 6.1 En relación a la estructura anatómica, las diferencias encontradas con respecto al Cedro de Pucallpa son: grano ondulado, ausencia de cristales y canales gomíferos traumáticos, mayor diámetro de poros, menor número de poros por mm^2 , fibras libriformes más cortas, de menor diámetro y menor espesor; características que explican el comportamiento menos estable de esta especie y su menor densidad básica.
- 6.2 El comportamiento de esta especie en las pruebas experimentales permitió una tendencia al colapso en dos árboles y presencia de grano vellosa en todas las muestras. Estas dos observaciones permiten catalogarlas como de menor calidad comparada con el Cedro de Pucallpa.
- 6.3 Los valores de las propiedades físico-mecánicas pueden ser consideradas de medias a bajas.
- 6.4 Los coeficientes de correlación muy altos nos indican una relación significativa entre la densidad básica y las principales propiedades mecánicas, permitiendo determinar ecuaciones de regresión lineal.

6.5 En base a las características anatómicas y propiedades físico - mecánicas los posibles usos son: Laminado de chapas, carpintería de obra (interiores, tabiquería, cielo raso y zocalos).

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Realizar estudios de trabajabilidad (cepillado, torneado, taladrado, moldurado) y secado que permitan encontrar los parámetros más apropiados para superar limitaciones en estas maderas tramosas y problemas de colapso.
- 7.2 Realizar estudios orientados a identificar los factores de crecimiento que inciden en la calidad de esta madera.
- 7.3 Proseguir con los estudios tecnológicos de especies que tengan diferentes procedencias (diferentes zonas de vida).

VIII. RESUMEN

La finalidad de la presente investigación fue determinar las características anatómicas y propiedades físico mecánicas del Cedro proveniente de Satipo, y compararlas con el Cedro de Pucallpa para proponerle usos, así como identificar relaciones que puedan asociar las propiedades físicas, específicamente la densidad básica y las principales propiedades mecánicas en condición saturada.

La colección, preparación de muestras para el estudio anatómico y físico-mecánico se realizó en base a lo establecido por las Normas Técnicas Peruanas y las determinaciones experimentales en el Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la madera del departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Los resultados cuantitativos obtenidos en anatomía y propiedades físico-mecánicas fueron analizados estadísticamente, verificando los valores permisibles de coeficientes de variabilidad para las diferentes propiedades. Del análisis de regresión, se determinó una ecuación de regresión lineal y conjuntamente con un

análisis de correlación han permitido establecer relaciones lineales significativas entre la densidad y resistencia mecánica que se pone de manifiesto por los valores de correlación y determinación obtenidos.

En relación a la aptitud de usos probables para la especie se indican los siguientes: Laminado de chapas, carpintería de obra (interiores, tabiquería, cielo raso y zocalos).

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ACEVEDO, M; KIKATA Y. 1994. Atlas de Maderas del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Universidad de Nagoya (Japón) Lima, Perú. 202 p.
2. ACEVEDO, M; CHAVESTA M. 1991. Informe sobre fichas tecnológicas de la madera y asignación a grupos tecnológicos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 12 p.
3. AROSTEGUI, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de Maderas Peruanas. Documento de Trabajo Nº 2. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002. Lima, Perú. 57 p.
4. AROSTEGUI, A. 1974. Estudio tecnológico de maderas del Perú. Vol I. Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del país. Universidad Nacional Agraria. 300 p.
5. BERLYN, G. 1964. Recent advances in wood anatomy. Forest Products Journal Vol 10: 467-476
6. CALZADA, J. 1981. Métodos estadísticos para la investigación. Lima, Perú. 543 p.
7. CATIE 1997. Nota técnica sobre manejo de semillas forestales (Cedrela odorata). Nota Técnica N° 24. 2 p.
8. CORONEL E. 1994. Variación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de especies nativas en el Chaco Argentino. Rev. Quebracho N° 2. 14-20.

9. FERNANDEZ J. et al 1995. Características Físico Mecánicas de la maderas de especies de crecimiento rápido de procedencia española. Investigación Agraria: Sistemas de Recursos forestales. Vol 4 (2) 251-261.
10. GONZALEZ R. 1996. Secado de la madera. Serie Tecnologías. Concytec. Perú. 138 p.
11. GUEVARA G. 1988. Experiencias Colombianas con Cedro. (Cedrela odorata L.). Convenio CONIF-HOLANDA. Bogota-Colombia. Serie de documentación N° 12. 86 p.
12. HAYGREEN, J. and BOWYER, J. 1982. Forest Products and Wood Science. An Introduction. The Iowa state university Press. Usa. 496 p.
13. HEYWOOD V.H. 1967. Taxonomía Vegetal. Profesor of Botany, the University of Liverpool. Edición y versión española de Emilio Fernandez Galiano. Catedrático de Botánica de la universidad de Sevilla. Editorial Alhanbra, S.A. Madrid, Buenos Aires, México. 102 p.
14. INIA. 1996. Manual de identificación de las especies forestales de la Sub región Andina. Instituto de investigación Agraria. 489 p.
15. INIA. 1996. Manual de identificación de las especies forestales de la Sub región Andina. Documento Técnico de Trabajo. Instituto de investigación Agraria. 291 p.
16. INRENA. 1997. Estudio Nacional de la Diversidad Biológica. Vol. II. Diagnósticos Regionales de la

- Diversidad Biológica. Ministerio de Agricultura. Lima-Perú. 314 p.
17. INRENA. 1997. Perú forestal en números. Año 1996. Ministerio de Agricultura. Lima-Perú. 185 p.
 18. KLINGER W. 1994. Implicaciones de un nuevo manejo conceptual de algunas temáticas sobre tecnologías de maderas. Revista Colombiana Forestal Vol 4 (8) 75-78.
 19. LAM, A.F.A. 1969. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical *Cedrela odorata*. Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación. Mérida-Venezuela. Boletín N° 30-31. 15-59 p.
 20. MARZOCCA, A. 1985. Nociones básicas de taxonomía vegetal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San Jose, Costa Rica. 272 p.
 21. MELENDEZ, D. 1974. Estudio Exploratorio de Suelos del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. Ministerio de Agricultura. 17 p.
 22. NOTIVOL, E, GIL, A y PARDOS, J. 1992. Una metodología para la estimación de la densidad de la madera de arboles en pie y su grado de variabilidad en *Pinus pinaster* Ait. Instituto Nacional de investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. España. Vol 1 (1): 41-47.
 23. OLIVEIRA, J; DELLA LUCIA, R; RAMLHO, R. 1988. Estudio

- das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaiba (*Xylopia sericea* St. Hil) II. Anatomía da madeira. *Revista Arbore* 12 (2): 123-128.
24. OLIVEIRA, J; DELLA LUCIA, R; VITAL, B. 1988. Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaiba (*Xylopia sericea* St. Hil) III. Propriedades Mecánicas. *Revista Arbore* 12 (2): 129-133.
25. PADT-REFORT. 1979. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de 104 especies de los bosques tropicales de la Subregión Andina. Junac, Lima. 197 p.
26. PANSHIN, Z. 1980. Textbook of wood technology. Tercera edición. New York. USA. Vol I. 722 p.
27. PENNINGTON T. 1981. Flora Neotropica Monograph 28. The New York Botanical. Garden. 47 p.
28. PEREZ 1984. Apuntes de anatomía de la madera. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela 132 p.
29. PIERRE, D. et JACQUET, P. 1983. Atlas D'identification des bois de L' Amazonie et des regions voisines. Centre Technique Forestier Tropical. France. 640 p.
30. TARCISIO, J. 1988. Estudo das propriedades Físicas e Tecnológicas da Madeira de Pindaiba (*Xylopia sericea*; St. Hil) *Rev. Arbore*, 12 (2): 123 - 133 p.
31. TEIXEIRA A. et al. 1997. Densidade básica da madeira

- de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente del cerrado: Relacao com a densidade básica média e variacáo radial e axial. *Rev. arv.* 21 (4): 547-554.
32. TRUGITHO, P. F. 1997. Variacáo dimensional acima, e abaixo da unidade da saturacáo das fibras da madeira de eucalipto. Conferencia IUFRO sobre silvicutura e Melhoramento de eucaliptos. Vol 3. Salvador, Brazil 393-400.
33. VIGNOTE S; JIMENEZ F. 1996. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura y Alimentación. 602 p.
34. WITTING, J. 1996. Propiedades físicas y mecánicas de "Pinus duragenses Pinus patula y Pinus pseudostrobus". Tesis para optar el título de Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria. Lima-Perú. 55 p.
35. WOODS OT HE WORLD 1994. Tree Talk, Inc. All rights reserved. Reproduction or transfer of the material on the material on the CD-ROM disk, or the disketter, is prohibited without written permission.
36. www.sudam.gov.br/drn/page_057-059.htm 1999. Propriedades Físicas Mecánicas, da trinta espécies da Trinta espécies da madeira encontrada na amazonia Legal.
37. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1974. "Wood Hanbook". Agricultural Handbook N° 72. Forest Service. 454 p.

ANEXOS

ANEXO 1. VALORES ESTADISTICOS DE LOS ELEMENTOS ANATOMICOS ENTRE ARBOLES DEL CEDRO

Arbol		POROS		R A D I O S					F I B R A S			V A S O S
		Diam. Tang. Poros (u)	N° de poros por mm ²	Altura de radios (u)	Ancho de radios (u)	N° celulas altura	N° celulas ancho	N° de radios por mm	Long. de Fibras (u)	Diametro de fibras (u)	Espesor de pared (u)	Longitud de vasos (u)
1	X	209,77	3	354,43	35,42	11	2	3	1147,4	10,05	2,15	349,44
	S	58,21	1,4	97,38	8,98	4,16	0,67	0,95	157,97	6,12	0,72	46,06
	C.V.	27,75	46,66	27,48	25,07	37,82	33,50	31,67	13,77	33,93	33,31	13,18
2	X	221,61	3	286,96	33,79	11	2	3	1214,98	25,25	2,38	423,17
	S	67,07	1,13	100,14	7,32	3,74	0,67	0,76	89,39	4,23	0,52	40,68
	C.V.	30,26	37,66	29,08	21,66	34,00	33,50	25,30	7,36	16,74	21,92	9,61
3	X	189,5	2	333,31	35,71	13	3	4	1340,93	20,88	2,55	390,14
	S	51,55	0,81	113,16	8,89	5,09	0,68	1,02	107,45	3,3	0,51	59,27
	C.V.	27,2	40,50	33,95	24,91	39,15	22,67	25,50	8,01	15,83	22,45	15,19
4	X	194,77	2	334,85	31,3	12	2	3	1354,75	24,85	1,75	420,1
	S	5,98	0,98	114,65	8,24	3,91	0,53	0,95	129,36	3,58	0,62	48,08
	C.V.	32,55	49,00	34,24	26,34	32,58	26,50	31,67	9,55	14,39	35,35	11,45
5	X	231,62	3	272,06	31,87	10	2	4	1281,79	24,3	1,87	400,9
	S	47,19	1,08	89,93	11,38	3,83	0,82	1,31	113,46	3,68	0,63	49,77
	C.V.	20,37	36,0	33,05	35,71	38,30	41,00	32,75	8,85	15,14	33,69	12,42
Entre Arboles	X	209,45	3	316,32	33,62	11	2	3	1267,97	22,67	2,12	396,75
	S1	17,69	0,55	35,02	2,01	1,14	0,45	0,55	87,16	3,11	0,36	29,76
	CV1	8,45	18,33	11,07	5,98	10,36	22,5	18,33	6,87	13,72	16,98	7,5

S1 : Desviacion estandar utilizando los promedios de cada arbol.

CV1 : Coeficientes de variacion entre arboles.

**ANEXO 2. VALORES ESTADISTICOS DE LAS PROPIEDADES FISICAS
ENTRE ARBOLES DEL CEDRO**

Arbol		Contenido de Humedad (%)	Densidad Basica (%)	Densidad Anhidra (%)	Contracciones (%)			Indice de Estabilidad
					Radial	Tangencial	Volumetrica	
1	X	64.55	0.39	0.44	2.64	5.05	11.09	1.92
	s	7.95	0.016	0.018	0.22	0.41	0.45	0.18
	C.V.	12.31	4.19	4.22	8.52	8.17	4.08	9.16
2	X	87.81	0.42	0.50	4.25	8.19	15.15	1.94
	s	10.97	0.011	0.007	0.48	0.62	1.99	0.12
	C.V.	12.49	2.72	1.39	11.41	7.59	19.15	6.35
3	X	71.44	0.41	0.48	4.18	7.95	10.88	1.92
	s	6.39	0.015	0.014	0.42	0.90	1.23	0.14
	C.V.	11.74	3.78	2.94	10.05	11.32	8.84	7.08
4	X	76.99	0.38	0.45	4.68	8.84	14.21	1.91
	s	9.86	0.016	0.012	0.52	0.55	0.68	0.15
	C.V.	12.94	4.09	2.59	11.21	6.19	4.68	7.99
5	X	67.36	0.43	0.48	2.76	5.27	11.80	1.95
	s	4.47	0.016	0.014	0.40	0.60	0.68	0.26
	C.V.	6.63	3.72	3.02	14.49	11.39	5.73	14.19
Entre Arboles	x	73.62	0.405	0.47	3.69	7.06	13.23	1.93
	S1	9.22	0.021	0.024	0.93	1.77	1.71	0.016
	CV1	12.52	5.19	5.11	25.2	25.07	12.93	0.83

S1 : Desviacion estandar utilizando los promedios de cada arbol.

CV1 : Coeficientes de variacion entre arboles.

ANEXO 3. VALORES ESTADISTICOS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS ENTRE ARBOLES DEL CEDRO

		FLEXION ESTATICA			COMPRESION PARALELA			C.PER	CIZALL	T. PERP.	CLIVAJE	DUREZA		EXT. CLAVOS		TENACIDAD
ARBOL		EFLP	MOR	MOE	EFLP	RM	MOE	EFLP	CIZALL	T. PERP.	CLIVAJE	LADOS	EXTREMOS	LADOS	EXTREMOS	TENACIDAD
1	X	247.9	482.7	84196	125.6	180.5	87637	24.5	51.2	23.8	32.5	262.8	259.9	63.9	40.5	1.53
	s	55.4	98.3	26168	18.6	28.3	11090	1.8	6.5	3.7	5.3	22.7	23.5	4.1	6.6	0.113
	C.V.	22.40	20.4	31.1	14.8	15.7	12.7	7.3	12.7	15.5	16.3	8.6	9.0	6.4	16.3	8.6
2	X	278	509.9	98476	133.4	194	93495	22.8	50.8	23.6	32.2	269	262	64.2	40.0	1.65
	s	17.9	19.4	8646	22.2	14.4	6706	4.6	8.3	6.9	5.9	16.2	13.6	7.8	7.1	0.29
	C.V.	6.4	3.8	8.8	16.6	7.4	7.2	20.2	16.3	29.2	18.3	6.0	5.2	12.2	17.9	17.6
3	X	234	425.7	61944	102.7	145.9	60341	20.4	45.5	20.7	27.2	212.7	214.3	52.2	35.4	1.56
	s	31.4	76.4	77.89	10.4	18.5	14258	2.75	8.7	6.9	4.0	39.3	43.5	6.4	12.8	0.09
	C.V.	13.4	17.9	12.6	10.1	12.7	23.6	13.5	19.1	33.3	14.7	18.5	20.3	12.4	36.2	5.8
4	X	282.1	449.5	83833	115.9	156.7	75021	19.4	40.1	16.4	222.8	155.1	167.6	50.6	25.2	1.45
	s	29.7	22.7	2205	16.2	18.0	13677	3.8	10.6	2.9	4.6	12.2	10.3	18.7	8.3	0.25
	C.V.	10.5	5.1	26.3	13.9	11.5	18.2	19.6	26.4	17.7	20.2	7.9	6.1	37.0	33.0	17.2
5	X	324.6	546.4	90338	147.3	214.7	80168	26.4	45.5	25.9	35.9	248.8	268.8	56.6	36.2	1.75
	s	30.0	59.9	9181	24.1	39.9	142224	3.5	4.4	8.3	3.8	40.2	57.8	13.9	11.6	0.09
	C.V.	9.3	11.0	10.2	16.4	18.6	19.0	13.3	9.7	32.0	10.6	16.2	21.5	24.6	32.0	5.1
Entre Arboles	x	275,17	483,46	83733	124,92	178,85	79332	22,69	46,63	22,18	30,12	238,07	242	58,4	36,46	1,59
	S1	35,07	47,82	13564	16,94	27,91	12743	2,88	4,57	3,68	5,14	47,06	43,14	6,37	6,16	0,12
	CV1	12,74	9,89	16,2	13,56	15,55	16,06	12,69	9,8	16,59	17,07	19,77	17,85	10,91	16,9	7,55

S1 : Desviacion estandar utilizando los promedios de cada arbol.

CV1 : Coeficientes de variacion entre arboles.