

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS A TRES ALTURAS  
DEL FUSTE DE *Senefeldera inclinata*. Mart (Huangana caspi)  
PROCEDENTE DEL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA - TINGO MARÍA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCIÓN FORESTALES**

**PRESENTADO POR:**

**YESELLY AGUIRRE RUIZ**

**Tingo María - Perú**

**2014**



BIBLIOTECA CENTRAL - UNAS



**T  
FOR**

**AGUIRRE RUIZ, YESELLY**

Determinación de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de *Senefeldera inclinata* Mart ( *Huangana caspi* ) procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María. Tingo María 2014.

95 páginas.; 40 cuadros; 23 figuras.; 30 ref.; 30 cm

Tesis ( Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestales)  
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María ( Perú ) Facultad de Recursos Naturales Renovables.

- 1- SENEFELDERA INCLINATA 2- HUANGANA CASPI  
3- EUFHORBIACEAE 4- PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA  
5- VEDA 6- COEFICIENTE DE ESTABILIDAD DIMENSIONAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María - Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 09 de junio del 2014, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

### **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS A TRES ALTURAS DEL FUSTE DE *Senefeldera inclinata*. Mart (Huangana caspi) PROCEDENTE DEL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARÍA”**

Presentado por la Bachiller: **YESELLY AGUIRRE RUÍZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 23 de julio de 2014.

Ing. M.Sc. **CASIANO AGUIRRE ESCALANTE**  
PRESIDENTE



Dra. **TANIA GUERRERO VEJARANO**  
VOCAL

Ing. **MANUEL BRAVO MORALES**  
VOCAL

Ing. **JORGE B. ÁLVAREZ MELO**  
ASESOR

## DEDICATORIA

Con mucho cariño a mi madre Margarita Ruiz Pérez, a mis hermanas: Marilyn, Analy, Darly, Leydi, por el constante amor y apoyo que me han dado durante esta etapa de mi vida y por sus inagotables esfuerzos en querer hacer de mí una mejor persona.

A mis abuelos Hilmer Pérez Guevara y Humberto Ruiz Ruiz, que desde el cielo me cuidan y me protegen con todo ese inmenso amor que ellos me tuvieron en vida.

A mi idóneo Rene Gerardo Hidalgo Ríos, porque a pesar de mis defectos, ha sabido comprenderme, protegerme, escucharme y sobre todo perdonarme.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida, mi familia y por las personas que puso en mi camino.

A mí querida madre y hermanas, por su confianza y su apoyo durante mis años de estudios.

Al Ing. Jorge Álvarez Melo, por su valiosa orientación, apoyo en la ejecución y redacción del presente trabajo de investigación.

A los técnicos Mario Sosa y Leyden Fuch, por su valiosa orientación, apoyo en la ejecución de campo del presente trabajo de investigación.

A mis amigos René Hidalgo Rios, Royer Alegría Del Castillo, Roni Vásquez, José de la Cruz y Darly Ríos Ruiz, que me acompañaron y ayudaron durante la ejecución presente trabajo de investigación, por su buen humor, apoyo y compañía desinteresado.

A todas las personas que de otra forma me brindaron su apoyo moral y que enriquecieron mi vida espiritual y profesional.

## ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos generales de la madera.....	3
2.2. Generalidades de las propiedades físicas de la madera.....	4
2.2.1. Contenido de humedad.....	4
2.2.2. Densidad.....	11
2.2.2.1. Densidad saturada .....	15
2.2.2.2. Densidad básica.....	15
2.2.2.3. Densidad anhidra.....	19
2.2.3. Contracción de la madera.....	19
2.3. Variación de las propiedades físicas.....	25
2.4. Influencia en la madera de los factores internos y externos.....	28
2.5. Factores que inciden en el secado.....	29
2.5.1. Factores de la madera.....	29
2.5.1.1. Influencia de la estructura anatómica.....	29
2.5.1.2. La higroscopicidad.....	29
2.5.1.3. La anisotropía.....	30
2.5.1.4. Espesor de la pieza.....	31

2.5.1.5. Patrón de aserrado.....	31
2.5.2. Factores del clima.....	31
2.6. Características generales de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	32
2.6.1. Descripción taxonómica de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	32
2.6.2. Descripción dendrológica.....	32
2.6.2.1. Caracteres vegetativos.....	32
2.6.2.2. Caracteres florales.....	33
2.6.3. Usos.....	33
2.6.4. Importancia del estudio de la especie <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1. Lugar de ejecución.....	35
3.2. Materiales y equipos.....	36
3.2.1. Material biológico.....	36
3.2.2. Equipos de campo.....	36
3.2.3. Materiales de campo.....	36
3.2.4. Equipos de taller tecnología y maquinaria forestal.....	36
3.2.5. Equipos materiales e insumos de laboratorio.....	36
3.2.6. Material de gabinete.....	37
3.3. Metodología.....	37
3.3.1. Fase de campo.....	37
3.3.1.1. Selección de la zona de muestreo.....	37

3.3.1.2. Selección de los árboles.....	37
3.3.1.3. Talado, trozado y aserrío primario.....	38
3.3.1.4. Transporte.....	39
3.3.2. Fase de laboratorio.....	39
3.3.2.1. Preparación de las probetas.....	39
3.3.2.2. Determinación de contenido de humedad.....	41
3.3.2.3. Determinación de densidad.....	42
3.3.2.4. Determinación de contracción.....	43
3.3.3. Análisis estadístico.....	46
3.3.3.1. Componentes de estudio.....	46
3.3.3.2. Tratamientos en estudio.....	47
3.3.3.3. Diseño estadístico.....	47
IV. RESULTADOS.....	50
4.1. Contenido de humedad de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	50
4.2. Densidad de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	54
4.2.1. Densidad saturada de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	54
4.2.2. Densidad básica de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	56
4.2.3. Densidad anhidra de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	60
4.3. Contracción de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	64
4.3.1. Contracción tangencial de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	64
4.3.2. Contracción radial de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	67



4.3.3. Contracción longitudinal de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	69
4.3.4. Contracción volumétrica de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	72
4.3.5. Relación T/R de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	74
4.4. Correlación de los niveles del fuste con las variables en estudio.....	76
V. DISCUSIONES.....	78
5.1. Contenido de humedad de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	78
5.2. Densidad de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	80
5.3. Contracción (cambio dimensional) de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	82
5.4. Contracción volumétrica de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	84
5.5. Relación T/R de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	84
5.6. Correlación de los niveles del fuste con las variables en estudio.....	86
VI. CONCLUSIONES.....	87
VII. RECOMENDACIONES.....	89
VIII. ABSTRACT.....	90
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
X. ANEXOS.....	96

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación de la madera al 12% de contenido de humedad.....	15
2. Clasificación de la madera según la densidad básica.....	18
3. Clasificación de la contracción volumétrica.....	21
4. Clasificación de la madera según relación contracción tangencial y radial (T/R).....	25
5. Clasificación de la madera según contracción volumétrica (Cv).....	26
6. Coordenadas UTM del Laboratorio de Anatomía de la Madera.....	35
7. Tratamientos en estudio.....	47
8. Esquema de análisis de varianza (ANVA).....	48
9. Valores promedio del contenido de humedad por nivel de fuste y orientación norte y sur de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	50
10. Análisis de varianza del contenido de humedad de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	52
11. Comparación de promedios (Tukey) del contenido de humedad (%) en diferentes niveles del fuste de <i>Senefeldera inclinata</i> Mart.....	53
12. Valores promedio de la densidad saturada por nivel de fuste y orientación norte y sur de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	54
13. Análisis de varianza de la densidad saturada de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	56

14. Valores promedio de la densidad básica por nivel de fuste y orientación norte y sur de <i>Senefeldera inclinata</i> Mart.....	56
15. Análisis de varianza de la densidad básica de <i>Senefeldera inclinata</i> Mart.....	58
16. Comparación de promedios (Tukey) de la densidad básica (gr/cm <sup>3</sup> ) en diferentes niveles del fuste de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	59
17. Valores promedio de la densidad anhidra por nivel de fuste y orientación norte y sur de <i>Senefeldera inclinata</i> Mart.....	60
18. Análisis de varianza de la densidad anhidra de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	62
19. Comparación de promedios (Tukey) de la densidad anhidra (gr/cm <sup>3</sup> ) en diferentes niveles del fuste de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	63
20. Valores promedio de la contracción tangencial por nivel de fuste y orientación norte y sur de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	65
21. Análisis de varianza de la contracción tangencial de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	66
22. Valores promedio de la contracción radial por nivel de fuste y orientación norte y sur de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	67
23. Análisis de varianza de la contracción radial de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	69
24. Valores promedio de la contracción longitudinal por nivel de fuste y orientación norte y sur de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	69
25. Análisis de varianza de la contracción longitudinal de <i>Senefeldera</i>	71

<i>inclinata</i> . Mart.....	
26. Valores promedio de la contracción volumétrica por nivel de fuste y orientación norte y sur de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	73
27. Análisis de varianza de la contracción volumétrica total de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	74
28. Valores promedio de la relación T/R por nivel de fuste y orientación norte y sur de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	75
29. Análisis de varianza de la relación T/R de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	76
30. Correlación de los niveles del fuste con las variables en estudio de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	77
31. Valores promedio del contenido de humedad por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	97
32. Valores promedio de la densidad saturada por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	99
33. Valores promedio de la densidad básica por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	101
34. Valores promedio de la densidad anhidra por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	103
35. Valores promedio de la contracción tangencial por nivel de fuste y	

orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	105
36. Valores promedio de la contracción radial por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	107
37. Valores promedio de la contracción longitudinal por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	109
38. Valores promedio de la contracción volumétrica por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	111
39. Valores promedio de la relación T/R por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	113
40. Ficha de evaluación por día del peso (gr) de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Inflorescencias laxas.....	33
2. Alturas (niveles) considerados para el estudio.....	38
3. Obtención del tablón central de cada nivel de fuste.....	39
4. Obtención de probetas.....	40
5. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la media de contenido de humedad de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart	51
6. Alturas del fuste con respecto al contenido de humedad.....	53
7. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de densidad saturada de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	55
8. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de densidad básica de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	57
9. Ecuación lineal de los promedios del nivel de fuste de la densidad básica de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	60
10. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de densidad anhidra de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	61
11. Densidad promedio de las alturas de densidad saturada, básica y anhidra de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart .....	64
12. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de contracción tangencial de <i>Senefeldera inclinata</i> .	65

Mart.....	
13. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de contracción radial de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	68
14. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de contracción longitudinal de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	70
15. Cambio dimensional promedio de contracción tangencial, radial y longitudinal de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	72
16. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de contracción volumétrica total de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	73
17. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de relación de T/R de <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart.....	75
18. Selección de árboles.....	119
19. Talado, trozado y aserrío primario.....	119
20. Transporte.....	120
21. Preparación de las probetas.....	120
22. Codificación de probetas.....	121
23. Determinación de las propiedades físicas.....	121

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el Taller de Tecnología y Aprovechamiento de la Madera y Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Facultad de Recursos Naturales Renovables; con el propósito de determinar las propiedades físicas a tres alturas del fuste de *Senefeldera inclinata*. Mart (Huangana caspi), procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS). La disposición experimental adoptada fue el diseño de bloques completamente randomizado (DBCR), con arreglo factorial de 3 x 2, con cinco bloques. La metodología que se ha utilizado en la presente tesis, es la descrita en las Normas Técnicas Peruanas sobre madera (NTP), que son las siguientes: NTP 251.002 (selección y colección de árboles), NTP 251.008:1980 (selección de zona de muestreo), NTP 251.009:1980 (preparación de probetas), NTP 251.010:2004 (determinación de contenido de humedad), NTP 251.011:2004 (determinación de la densidad) y NTP 251.012:2004 (determinación de cambio dimensional). Los resultados obtenidos son: contenido de humedad 44,75%, densidad saturada 1,10 gr/cm<sup>3</sup>, densidad básica de 0,76 gr/cm<sup>3</sup>, densidad anhidra 0,88 gr/cm<sup>3</sup>, contracción tangencial 8,80%, contracción radial 5,36%, contracción longitudinal 0,57%, contracción volumétrica 13,12% y la relación T/R 1,74. Esta especie según los resultados encontrados tiene una densidad alta y podrá ser utilizado como parquet, postes y para estivación de minas, porque presenta contracción alta y no tendrá mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamientos la madera en el proceso de secado.



## I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de una especie forestal maderable como materia prima de cualquier proceso industrial, depende entre otros factores de las propiedades físicas de la madera. La madera como recurso natural es un material poroso, heterogéneo física y estructuralmente y que presenta un comportamiento anisotrópico e higroscópico, características que influyen en sus propiedades físicas. El conocimiento de las propiedades físicas básicas de la madera tales como contenido de humedad, densidad y cambios dimensionales, permite procesarla adecuadamente y lograr una mejor utilización de la madera como materia prima.

No obstante, en nuestro país, específicamente en la región Amazónica, los trabajos de investigación sobre las propiedades físicas de la madera son muy generales y reducidos sólo a un grupo de especies maderables, razón por la cual, es necesario e importante promover la investigación en especies poco estudiadas, como el caso de la Huangana caspi (*Senefeldera inclinata*. Mart.), debido a que esta información es muy importante desde el punto de vista académico y para la industria forestal en general, a fin de facilitar el proceso de transformación y poder darle un uso adecuado.

Por esta razón, es necesario resaltar la importancia de esta investigación por lo que servirá de base para los diferentes trabajos que se realicen en la industria maderera, puesto que proporcionará información base, sobre las propiedades físicas de *Senefeldera inclinata*. Mart.

En este sentido se planteó la siguiente interrogante ¿la altura del fuste a tres niveles (base, medio y ápice) influye en las propiedades físicas de la Huangana caspi?, planteando la siguiente hipótesis: existe o no existe diferencia de las propiedades físicas a tres niveles del fuste de *Senefeldera inclinata*. Mart. Razón por la que se planteó los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

- Determinar las propiedades físicas a tres alturas del fuste de *Senefeldera inclinata*. Mart.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la variabilidad del contenido de humedad de *Senefeldera inclinata*. Mart a tres alturas del fuste en la orientación norte y sur.
- Evaluar la variabilidad de la densidad saturada, densidad básica y densidad anhidra de *Senefeldera inclinata*. Mart a tres alturas del fuste en la orientación norte y sur.
- Evaluar la contracción y cambio dimensional de *Senefeldera inclinata*. Mart a tres alturas del fuste en la orientación norte y sur.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos generales de la madera

La madera es un material higroscópico, anisotrópico y biológico de origen vegetal (POMACHAGUA, 1993). Asimismo la madera es un material vegetal biodegradable y combustible, de elevada resistencia en relación con su peso, características que lo hacen categóricamente diferente a otros materiales de construcción conocidos (SOLANO, 1998).

Asimismo, SOLANO (1998), menciona que anatómicamente la madera está constituida por unidades fundamentales llamadas células, la mayoría son alargadas y ahusadas, formadas por una pared celular y un hueco o lumen, unidos entre sí por una sustancia intercelular llamada lamina media y comunicadas entre ellas por perforaciones y punteaduras.

Además, indica que observando la estructura anatómica de la madera a escala universal se han agrupado en dos clases generales, comúnmente llamadas: maderas blancas o coníferas, constituidas por células parenquimatosas en el sentido transversal y traqueidas en el sentido longitudinal y maderas duras o latifoliadas que tienen una composición celular

más compleja, formada por fibras, vasos y parénquima tanto longitudinal como transversal.

Las especies frondosas tienen una estructura más complicada, el volumen principal de las especies foliáceas lo componen los vasos, las fibras y células parenquimáticas (GRIGORIEV, 1985).

## **2.2. Generalidades de las propiedades físicas de la madera**

Se llaman propiedades físicas de la madera, a las propiedades que pueden determinarse sin alterar la integridad de la muestra, sometida al ensayo, y cambiar su composición química, es decir, que puedan definirse mediante la inspección, la pesada, la medida y el secado (GRIGORIEV, 1985).

Además, DELGADO (1981), afirma que la variación de las propiedades físicas y mecánicas en un árbol es de igual amplitud que la variación de las propiedades físicas y mecánicas entre diferentes árboles de la misma especie en un sitio determinado. Esta variación debe tomarse muy en cuenta en la planificación de los ensayos. Por lo cual, nos centraremos en las propiedades físicas de la madera más importantes y principales:

### **2.2.1. Contenido de humedad**

Según PÉREZ (1983), SOLANO (1998) y CUEVAS (2003), mencionan que la humedad en la madera está constituida por el agua que se encuentra dentro de la misma en cualquier momento dado. Si el árbol está

recién talado su madera contiene el máximo contenido de agua, dependiendo de la época del año, la región de procedencia, la especie forestal, y de la parte del tronco de que se trata. Las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las pesadas, la albura siempre presenta un contenido de humedad mayor que el duramen.

Asimismo, mencionan que la albura puede aumentar más del 100% de su peso en agua. Incluso llegar a un 400% en aquellas maderas muy livianas. Podemos afirmar entonces que la relación agua total/materia seca leñosa, es muy variable en una pieza de madera, ya que esta sujeta a influencia de varios factores entre ellos, la estructura celular y el peso específico.

Existe una gran diferencia entre la cantidad de agua contenida en el árbol vivo y la que debe poseer la madera para su correcto puesta en servicio. Por esta razón se hace completamente necesario la eliminación del agua sobrante antes de proceder a la fabricación de los productos finales: mobiliario, estructuras, pisos, elementos de carpintería, etc. (SCHREWE, 1983 y MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988).

Contrariamente a lo que podría pensarse, el contenido de humedad no se expresa como porcentaje del peso total sino del peso absoluto seco de la madera. Madera se considera absolutamente seca (0% de humedad), si al

secarla en un horno especial a 100 °C – 105 °C, su peso queda constante (SCHREWE, 1983 y MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988).

Por tal razón, el contenido de humedad de la madera se define como la diferencia entre el peso húmedo y el peso absolutamente seco. Multiplicado por 100, se obtiene la humedad de la madera expresada en porcentaje. Hay que tomar en cuenta, que el contenido de humedad de la madera se relaciona para sus propiedades físicas y mecánicas siempre con el peso seco al horno. Debido a esta definición algunas maderas pueden alcanzar un contenido de humedad hasta 250% y más (SCHREWE, 1983 y MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988).

PÉREZ (1983) y CUEVAS (2003), mencionan que la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un mayor contenido de humedad que el duramen. Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo. Cuando el contenido de humedad es modificado, existirán variaciones dimensionales, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera.

Además, indican que el contenido de humedad influye en la capacidad mecánica, es decir a menor contenido de humedad bajo el punto de saturación de las fibras (PSF), que corresponde a la eliminación total del agua libre del interior de las células y las paredes celulares permanecen saturadas,

28 – 30% de CH), en general aumenta la capacidad mecánica, es decir se incrementa la resistencia de la madera, y a partir del PSF, un aumento en el contenido de humedad no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

GRIGORIEV (1985), manifiesta que el contenido de humedad es la relación entre la masa del agua que se encuentra en el volumen dado de la madera, y la masa de la madera absolutamente seca, expresada en porcentaje (%). El contenido de agua en el tronco de árbol en crecimiento varía según la altura y el radio del tronco, así como depende de la temporada del año, en las especies frondosas el cambio de la humedad según el diámetro es más regular. Según la altura del tronco la humedad de la albura en las especies frondosas no varía y la humedad del duramen disminuye por el tronco hacia arriba.

Indica además que en los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos. La máxima cantidad de agua se contiene en la temporada de invierno (noviembre-febrero) y la mínima, en los meses de verano (julio-agosto). El contenido de humedad en los troncos varía durante el día: por la mañana y por la tarde la humedad de los árboles es más alta que durante el día.

ARÓSTEGUI (1982), manifiesta que el contenido de humedad tiene importancia en la utilización de la madera, ya que influye en el peso, resistencia

mecánica, contracción y expansión, conductibilidad térmica y acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad. La madera está constituida por elementos anatómicos, cuyas paredes están formadas por un material absorbente, contiene agua bajo tres formas: como agua libre llenando la cavidad celular; como agua higroscópica, infiltrada en las paredes celulares y como agua de constitución, formando parte integral de la estructura molecular.

También dice que la madera verde o húmeda presenta máximo contenido de humedad, o sea que contiene el agua libre, higroscópica y de constitución. El estado de la madera cuando se ha evaporado toda el agua libre y comienza a perder el agua higroscópica, se conoce como el punto de saturación de las fibras.

De igual manera indica que, el contenido de humedad de la madera por debajo de este estado, influye en forma significativa en las propiedades físicas y mecánicas, siendo mayor la resistencia mecánica, cuando mas seca la madera, así mismo cuando disminuye el contenido de humedad, se produce la contracción de la madera. La determinación del contenido de humedad en la madera se hace teniendo en cuenta solo los valores del agua libre y de saturación, es decir que comercialmente la madera estará seca o anhidra.

Según HERMINIO (2003), el agua en la madera es uno de los factores más importantes en la industrialización de ésta, ya que afecta básicamente a la mayoría de los procesos de transformación. Es por esto, que



es necesario mantener una diferencia de contenido de humedad homogéneo entre las capas internas de la madera y superficie de la misma. Si en la madera no ocurre esto, se originan en la superficie de la madera tensiones de compresión y en las capas internas de la madera, tensiones de tracción.

Dice además que esta diferencia de humedad entre las capas internas y externas de la madera, es originada por una ejecución de un ciclo de secado en forma rápida. El resultado que trae esto, se pone de manifiesto, cuando una pieza de madera es reaserrada o cepillada, produciéndose en el momento de corte, la deformación de las piezas resultantes.

Es importante también, cumplir con los contenidos de humedad finales debido al uso que tendrá la madera, en su lugar de servicio. Y además, por el peligro que trae transportar la madera con un alto contenido de humedad, ya que se corre el riesgo de que se desarrolle algún tipo de microorganismo destructor de la madera.

En consecuencia, menciona que el agua contenida en la madera se encuentra bajo diferentes formas (agua libre, agua de saturación y agua de constitución), tal como se describe a continuación:

**Agua libre o capilar:** es la que se encuentra ocupando las cavidades celulares (lumen) de los elementos vasculares, limitada por el volumen del poro, dándole a la madera la condición de verde. Al iniciarse el

secado, el agua libre se va perdiendo fácilmente por evaporación ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo, la madera se encontrará en lo que se denomina Punto de Saturación de las Fibras (PSF), que como promedio para todas las especies se suele considerar el 30%, la madera no experimenta cambios dimensionales ni alteraciones en las propiedades mecánicas aunque el peso disminuya (SCHREWE, 1983; POMACHAGUA, 1993; SOLANO, 1998 y MINISTERIO DE EDUCACIÓN PROGRAMA CHILE, 2005).

**Agua higroscópica o de saturación:** Una vez que la madera ha llegado al Punto de Saturación de las Fibras. El agua que se encuentra embebida en las paredes celulares forma el agua higroscópica o de saturación. Durante el secado esta agua se pierde lentamente debido a que los enlaces moleculares del agua con la madera son muy fuertes por lo que necesita mayor energía para extraerlas.

Durante esta fase del secado es cuando la madera experimenta cambios dimensionales (contracción), que se origina por la evaporación o absorción del agua higroscópica (SCHREWE, 1983; POMACHAGUA, 1993; SOLANO, 1998 y MINISTERIO DE EDUCACIÓN PROGRAMA CHILE, 2005).

El equilibrio higroscópico es el estado de equilibrio de la madera con el medio ambiente que lo rodea. Se localiza en el rango de 12% y 18% (POMACHAGUA, 1993).

**Agua de constitución:** es el agua que se encuentra formando parte de la materia celular y su eliminación implicaría la destrucción de la madera por combustión (POMACHAGUA, 1993; SOLANO, 1998 y MINISTERIO DE EDUCACIÓN PROGRAMA CHILE, 2005).

La variación del contenido de humedad de la madera, por su carácter higroscópico, produce un cambio de sus dimensiones cuando se encuentra por debajo del punto de saturación de las fibras. Esta deformación es debida a que el agua se sitúa dentro de la pared celular entre los elementos que la componen (fibrillas elementales, microfibrillas, entre otras) separándolos o acercándolos, según aumente o disminuya su cantidad (RODRIGUEZ y VILLASANTE, 1998).

Por encima del punto de saturación de las fibras, el agua que se añade a la madera lo hace en forma de agua libre situándose en el interior de los lúmenes celulares, causa por la cual no se produce hinchazón ni merma. Dado el carácter anisótropo de la madera, el comportamiento es distinto según la dirección elegida, de manera que las variaciones dimensionales no serán las mismas en las direcciones longitudinal, radial y tangencial (RODRIGUEZ y VILLASANTE, 1998).

### **2.2.2. Densidad**

Es la propiedad que mejor identifica la posibilidad de una madera, ya que su conocimiento permite estimar su dureza, porosidad, comportamiento

a los esfuerzos mecánicos y probables condiciones de trabajabilidad. El peso de la madera, además de la importancia intrínseca que tiene, es generalmente un verdadero indicador de su solidez.

Una pieza pesada de madera es generalmente más fuerte que una pieza liviana, con el mismo contenido de humedad, ya sea de la misma o diferentes especies. Por ser la madera un material celular poroso, el conocimiento de la cantidad de sustancia sólida que forman las paredes es de gran importancia, por cuanto constituye un buen indicador de sus propiedades mecánicas, características de trabajabilidad, comportamiento durante el secado, propiedades eléctricas, térmicas y acústicas (MINISTERIO DE EDUCACIÓN PROGRAMA CHILE, 2005).

La amplia variación de las densidades se debe a la porosidad de la madera. La madera en estado anhidro (CH= 0%) se compone de material sólido (material que forman las paredes celulares) y del aire que contiene las cavidades celulares junto con otras sustancias como proteínas, minerales, resinas, gomas, etc. que se encuentran en pequeñas cantidades (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988).

GRIGORIEV (1985), manifiesta que con el aumento de la humedad aumenta la densidad de la madera. Por ejemplo, la densidad de la madera haya con una humedad de 12% constituye  $670 \text{ Kg/m}^3$  y con una humedad de 25%,  $710 \text{ Kg/m}^3$ . La densidad de la madera tardía es 2 - 3 veces mayor que la

de primavera, por lo que cuanto más desarrollada es la madera tardía, tanto mayor es su densidad.

Entre la densidad y la resistencia mecánica de la madera existe una relación estrecha. La madera más pesada como regla es más resistente. La densidad determina por la cantidad de sustancias de madera en la unidad de volumen. La madera de especies frondosas tiene una densidad desigual; la parte de primavera de la capa anual es porosa, la de otoño es más densa (CUEVAS, 2003).

Una madera con elevada densidad, grano entrecruzado, textura gruesa, contenido de sílice y muy seca, presentará mayores dificultades en el maquinado que otra de baja densidad, con grano derecho, textura fina, sin contenido cristalino y medianamente húmedo. En todos los casos la madera se asierra con mayor facilidad al estado verde, por lo que se recomienda utilizarla en esta condición para la transformación primaria. Las condiciones de trabajabilidad no pueden ser valorados en términos numéricos, pero es posible dar una idea bastante aproximada sobre esas cualidades, en las maderas consideradas (CUEVAS, 2003).

La densidad de la madera se define como la relación entre su masa y su volumen, y es necesario referirla a un determinado contenido de humedad, generalmente el 12%. La densidad de las maderas es muy variables, de forma

particular las coníferas más utilizadas en la construcción tienen una densidad comprendida entre 400 y 550 kg/m<sup>3</sup> y las frondosas entre 600 y 700 kg/m<sup>3</sup>.

Según su densidad se pueden clasificar en: muy ligera, ligera, semipesada, pesada, muy pesada. De la densidad depende en gran parte el comportamiento de la madera, su adaptabilidad a eventuales tratamientos y modificaciones, así como la posibilidad de utilización que ofrece (CUEVAS, 2003).

Como la madera es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la madera el volumen interno de espacios vacíos existentes. El contenido de humedad de la madera influye sobre la relación madera - volumen, es decir, es afectado el peso y las dimensiones de la madera. Por ello, se conocen distintos tipos de densidad, entre ellas destacan la densidad básica (ANANÍAS, 1992).

Además, la densidad de la madera es un criterio usado para estimar las características de resistencia mecánica de la madera satisfactoriamente. Se emplea también como elemento de juicio para estimar la cantidad de material leñoso de una especie. Se puede usar como estimador de la facilidad con que se deja trabajar la madera para cortar, cepillar, moldurar, etc. (ANANÍAS, 1992).

Normalmente las maderas de mayor densidad presentan una mejor resistencia mecánica y una mayor cantidad de material leñoso, pero se dejan trabajar y tratar con mayor dificultad (ANANÍAS, 1992).

Cuadro 1. Clasificación de la madera al 12% de contenido de humedad.

Clase	Densidad Normal (gr/cm <sup>3</sup> )	
	Coníferas	Latifoliadas
Muy livianas	< 0.400	< 0.500
Livianas	0.400 – 0.499	0.500 – 0.649
Pesadas	0.600 – 0.700	0.800 – 0.950
Muy pesadas	> 0.700	> 0.950

Fuente: CAMPOS *et al.* (1990).

#### 2.2.2.1. Densidad saturada

En principio se puede decir que poseen parámetros mejor definidos, puesto que la densidad verde depende de las condiciones fisiológicas del árbol de acuerdo al estado fenológico en el que se encuentra. La utilización de la densidad verde son parámetros de condiciones que se dan de forma natural en el árbol verde y en la madera estacionada. Densidad verde es la que posee la madera en la planta viva, que se puede considerar que se halla con su máximo volumen. Esta forma se utiliza principalmente para los cálculos de transporte de troncos hasta los sitios de elaboración (EDUARDO, 1985).

#### 2.2.2.2. Densidad básica

Una de las características más importantes de la madera es la densidad básica, que se define como la relación entre el peso seco al horno y

su volumen verde. No obstante la diferencia, suele emplearse como sinónimo el término "peso específico", que es la relación entre el peso seco de la madera y el peso de un volumen igual de agua. La densidad de la madera tiene gran influencia en las propiedades mecánicas como, por ejemplo, resistencia a la flexión, dureza y otras (ARÓSTEGUI, 1982).

Una madera con una densidad alta es importante para el uso de parquet; una de densidad baja, como el palo balsa, como material aislante. Una de las características más sobresalientes de la madera es su baja densidad comparada con su gran resistencia mecánica, razón está que la hace un elemento muy importante en las construcciones. Las maderas tropicales son en promedio 20% a 25% más pesadas que las maderas de las zonas templadas o frías, pero la variación de la densidad es más amplia en las maderas tropicales (ARÓSTEGUI, 1982).

En las zonas frías no se encuentran tan livianas o tan pesadas como en los trópicos. Este factor hace más fácil el aprovechamiento de los bosques tropicales heterogéneos, pero también es una ventaja, puesto que hay una gran variedad de madera para fines diversos (ARÓSTEGUI, 1982).

Merece más explicación la utilización de la densidad básica y la densidad seca, puesto que ambos son valores artificiales. La densidad básica como la seca, utilizan valores extremos, la primera el peso mínimo y el volumen máximo y la segunda el peso y el volumen libre de agua (ARÓSTEGUI, 1982).



La razón del uso de la densidad básica en ámbitos forestales es claro, porque define la relación que hay entre material seco de madera y su volumen, que es lo que se mide cuando la plantación está aún de pie. De esa manera midiendo el volumen de madera y sabiendo su densidad básica, se conoce a cuanto madera seca corresponde. Más allá de estos usos silvícolas la densidad básica no genera información real sobre el material, sino de manera indirecta y por comparación. Su uso se ha extendido a la industria de la pulpa y el papel (EDUARDO, 1985).

Einspahr *et al.* (1969) citado por DÍAZ (2005), manifiesta que la densidad básica o relativa de la madera tiene un efecto importante sobre el rendimiento y calidad del producto final y se considera como la propiedad de la madera más importante para casi todos los productos maderables derivados de las especies forestales.

Relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30%. La densidad de un cuerpo es el coeficiente formado por masa y volumen. En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera. La densidad varía ampliamente entre diferentes especies y tipos de madera (CORPORACIÓN

CHILENA DE LA MADERA, 2003). Las maderas livianas secan más rápido que las pesadas (SOLANO, 1998).

GRIGORIEV (1985), asegura que cualquier aumento en el contenido de humedad podría incrementar la masa de la madera en una tasa mayor que la de su volumen, un aumento en el contenido de humedad ocasionaría una densidad muy elevada. La densidad de la madera tiene influencia sobre las propiedades mecánicas, como resistencia a la flexión, dureza entre otras, es decir, que cuanto más densa sea la madera, más difícil será secarla.

VIZCARRA (1998), dice que el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica (DB), debido a su importancia en el uso y a su relación con la resistencia mecánica.

Cuadro 2. Clasificación de la madera según la densidad básica.

GRUPO	RANGO	CLASIFICACIÓN	ESPECIES
I	Menos de 0.30 g/cm <sup>3</sup>	Muy baja (MB)	Topa, Cetico
II	De 0.31 a 0.40 g/cm <sup>3</sup>	Baja (B)	Bolaina blanca
III	De 0.41 a 0.60 g/cm <sup>3</sup>	Media (M)	Tornillo, Moena, Caoba
IV	De 0.61 a 0.80g/cm <sup>3</sup>	Alta (A)	Quinilla, Chontaquiro
V	Mayor de 0.80 g/cm <sup>3</sup>	Muy alta (MA)	Shihuahuaco, Huayruro

Fuente: VIZCARRA (1998).

### **2.2.2.3. Densidad anhidra**

Por densidad seca al aire se entiende la relación natural entre el peso de una madera estacionada que se halla en equilibrio con la atmósfera, y el volumen correspondiente a esas condiciones. En general se toma que su humedad es del 12%, valor más frecuentemente encontrado en estas condiciones. La densidad seca se define como la relación entre el peso y el volumen del material exento de agua, es decir secado a 105 - 110° C (EDUARDO, 1985).

### **2.2.3. Contracción de la madera**

Debido a su estructura anatómica, la madera es un material anisotrópico, se contrae en diferentes formas según la orientación del árbol en el sentido (eje) tangencial (paralelo a los anillos de crecimiento), radial (perpendicular a los anillos de crecimiento) y en sentido longitudinal (paralelos a las fibras de la madera, son mínimos y generalmente no pasa de 1%) (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988 y GRIGORIEV, 1985).

La contracción longitudinal de la madera común, desde la condición verde a seca al horno fluctúa entre 0.1% y 0.9% de la dimensión verde, pero puede ser mucho más alta en madera juvenil y en madera de compresión o de tensión. En la dirección tangencial, los límites de la contracción para el secamiento desde condición verde a seca al horno son de 3.5% a 15% de la dimensión verde. Los valores comprobables para la contracción radial son 2.48% a 11% (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988 y GRIGORIEV, 1985).

La reducción del volumen de la madera durante la evaporación del agua se llama contracción volumétrica. La relación T/R permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988 y GRIGORIEV, 1985).

Según SOLANO (1998), la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinal, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado, ya que la mayoría de ellos son producidos por efectos de la contracción o disminución de las dimensiones diferentes en cada uno de los tres planos y se presentan después que la madera ha perdido el agua libre y empieza a perder el agua fija. La relación entre la contracción tangencial y la contracción radial es el Coeficiente de Estabilidad Dimensional (CED).

Indica además si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efecto del secado serían despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución desigual de las dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumenta las pérdidas de madera durante el proceso de secado. El valor del coeficiente de estabilidad incide directamente sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto Coeficiente de Estabilidad Dimensional (CED). La contracción volumétrica total de una

madera es la suma de sus tres contracciones y de acuerdo a ellas las maderas se pueden clasificar así:

Cuadro 3. Clasificación de la contracción volumétrica.

Rango (%)	Clasificación
< - 0.35%	Baja
0.36% - 0.55%	Moderada
0.56% - 0.75%	Alta
0.76% - 1.00%	Muy alta

Fuente: SOLANO (1998).

Según SOLANO (1998), la contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas, rajaduras y deformaciones si el secado es muy rápido. La contracción, en la madera, es una propiedad que frecuentemente no se entiende en forma correcta. Ellas se presentan en dos etapas de la vida de la madera, que son:

- Durante el secado, en la cual la contracción se define como la pérdida de dimensiones que ocurre cuando la madera se seca desde el estado verde al estado maduro.

- Durante el servicio de la madera, en esta etapa la contracción queda definida como la alteración dimensional que ocurre en la madera seca, debido a los cambios ambientales, los cuales provocan tanto contracciones como expansiones en la madera, que recibe el nombre de "equilibrio higroscópico" (SOLANO, 1998).

Es la disminución o pérdida de volumen de la madera, bajo el PSF y se expresa como porcentaje de la dimensión de la madera en estado verde. Además, es una de las características más indeseables de la madera y es la responsable en gran medida, de los inconvenientes y dificultades que se encuentran con ella en la construcción (PÉREZ, 1983).

Esta se produce, como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa amorfa y aproximarse unas a otras microfibrillas. La contracción es proporcional al descenso del contenido de humedad bajo el PSF (CUEVAS, 2003).

Debido a la naturaleza no homogénea de las paredes celulares de la madera así, como también, en otros aspectos de su estructura anatómica, la contracción depende no solo del contenido de humedad sino también de la densidad. A mayor densidad de la madera, mayor es la contracción que se puede esperar para un cambio de humedad. Cuando la madera inicia su secado, el agua libre se va primero y no ocurren cambios significativos en la forma o dimensiones a menos que en la especie maderera se produzca un fenómeno llamado colapso (CUEVAS, 2003).

No existe contracción significativa cuando la madera cambia su estado, por secado, desde estado verde al punto de saturación de la fibra, y desde este punto el secado, el agua contenida entre las fibrillas se va y estas se acercan entre si, al no existir algo que las separe, se produce un movimiento

generalizado en la pared celular y disminuye el espesor de ella. El resultado de la disminución de los espesores de las paredes celulares es una variación de las dimensiones del ancho y del espesor de una pieza de madera. Debido al movimiento señalado, se registra poco cambio en el largo de la célula y por lo tanto, la contracción longitudinal es insignificante (CUEVAS, 2003).

En general, las maderas pesadas se contraen más que las livianas, por ser más densas. Por esta misma razón la contracción puede variar entre la madera de primavera, que es menos densa, y la madera de verano que es más densa, dentro de un anillo de crecimiento (MINISTERIO DE EDUCACIÓN PROGRAMA CHILE, 2005).

La causa de los cambios dimensionales se debe a la pérdida o ganancia del agua higroscópica entre la estructura celulósica de la pared celular, se puede considerar que las maderas con mayor densidad contiene más agua higroscópica que las de menor densidad y por eso las de mayor densidad tienen mayor contracción que las de menor densidad (ARÓSTEGUI, 1982).

Cuanto mayor es la diferencia en la contracción radial y tangencial, significa que la distorsión será mayor en el secado eventualmente, la madera llega a estabilizar sus dimensiones con un equilibrio de 12% de contenido de humedad. La contracción tangencial es mayor que la contracción radial, una de las razones, es el efecto restrictivo de las células horizontales de los rayos

medulares. Cabe resaltar que en la mayoría de las especies la contracción radial es sólo un 50% del valor de la contracción tangencial. Proporcionalmente como un promedio de todas las especies, la contracción en las tres direcciones principales (tangencial, radial, longitudinal) tiene una razón de 100:50:1 aproximadamente (SOLANO, 1998).

KOLLMANN (1959), señala que la variación y expansión de la madera son los cambios dimensionales, tanto en el sentido radial, tangencial y longitudinal, que sufre la madera como consecuencia de la variación de su contenido de humedad, por debajo del PSF. La relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Cuadro 4. Clasificación de la madera según relación contracción tangencial y radial (T/R).

Grupo	Rango (T/R %)	Clasificación		Estabilidad	
1	menor de 1.5	Muy baja	MB	Muy estable	ME
2	de 1.51 a 2.0	Baja	B	Estable	E
3	de 2.1 a 2.5	Media	M	Mod. Estable	Me
4	de 2.51 a 3.0	Alta	A	Inestable	I
5	mayor de 3.1	Muy alta	MA	Muy inestable	MI

Fuente: VIZCARRA (1998).

Existe además, una relación entre los coeficientes de contracción en dirección tangencial y radial (T/R). Cuanto más coincidentes sean las



contracciones radial y tangencial, menos tensiones se producen en la madera y más estabilidad tendrá. Por lo que, maderas con relación entre coeficientes T/R > 2 presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería (VIGNOTE, 2000).

ANANÍAS (1992), manifiesta las diferencias entre contracción tangencial y radial son debidas por una parte al potencial favorecimiento de la contracción en el sentido tangencial que hacen las bandas de madera de verano, particularmente en coníferas, y por otra a la restricción a los cambios dimensionales que ejercen los radios leñosos en la dirección radial de la madera.

Cuadro 5. Clasificación de la madera según contracción volumétrica (Cv).

Grupo	Rango (cm <sup>3</sup> )	Clasificación	
1	menos de 9	Muy baja	MB
2	de 9.1 a 11	Baja	B
3	de 11.1 a 13	Media	M
4	de 13.1 a 15	Alta	A
5	más de 15.1	Muy alta	MA

Fuente: VIZCARRA (1998).

### 2.3. Variación de las propiedades físicas

La variación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera se debe a diferencia en su estructura y a las diversas sustancias presentes en ella. La estructura de la madera y con esta sus propiedades físicas y mecánicas está caracterizado por la proporción entre los tejidos conductores y

de sostén y por las dimensiones de los mismos. Aquí influye mucho el espesor de las paredes celulares. Estas causas de la variación de densidad y otras propiedades de la madera depende mucho del sitio donde creció el árbol, presentándose graves variaciones de un sitio a otro, dentro de la misma especie y aun dentro del mismo árbol (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988).

SIAU (1984), nos dicen que es de naturaleza higroscópica, fundamentalmente porque en su composición química presenta los grupos hidroxilo, ambas características se manifiestan con variaciones en la humedad, determinada por la humedad relativa y temperatura.

Para ARROYO (1983), la organización estructural de la madera va ha determinar las características de la madera y afectar las propiedades físicas es así que:

- La cantidad de sustancias que contiene la pared celular, es cuantificada mediante el peso específico o densidad de la madera.
- La cantidad de agua presente en la pared celular. Afecta profundamente el comportamiento físico de la madera, no solo porque la adición de agua en la pared celular cambia su densidad y dimensiones, sino también por su efecto sobre la plasticidad y transferencia de energía dentro de la pieza de madera.
- La proporción de los componentes primarios en la pared celular y a la cantidad y naturaleza de las sustancias extrañas. Es responsable de las desviaciones o variabilidades que presenta en su comportamiento cuantitativo.

- El arreglo y orientación de los materiales que forman las paredes celulares así como los tejidos, lo que es causa principal de la anisotropía de la madera.
- El tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que forman el tejido maderable.

TUSSET (1979), respecto al contenido de humedad nos dice que es sin duda, la propiedad que más influencia tiene sobre todas las demás propiedades. Lo que DANJOY (1972) reafirma especificando que el conocimiento del contenido de humedad es importante para su utilización de la madera ya que influye en el peso y afecta a otras propiedades como la resistencia, contracción, durabilidad, conductividad de calor, conductividad eléctrica, permeabilidad, así como también en el preservado o resistencia al ataque de hongos e insectos.

FACHIN (1986), bajo ciertas consideraciones se entiende que a mayor contenido de humedad en el árbol, la madera que lo constituye posee las células con un lumen más amplio y paredes delgadas, como consecuencia determina una densidad básica menor o viceversa. Dándose en este caso la contracción volumétrica o los cambios dimensionales en mayor porcentaje en maderas con células de paredes delgadas o gruesas, contradiciéndose en algunos casos a causa por ejemplo de la formación de duramen producido por el almacenamiento de resinas, taninos y materiales colorantes en los espacios intercelulares lo que reduce el material higroscópico de la madera.

ARÓSTEGUI (1982), menciona que debemos tener en cuenta que en el momento de comparar pesos específicos se debe hacer muestras que tengan el mismo contenido de humedad. KOLLMAN (1959), agrega que para eso se ha establecido como puntos de comparación los valores fijos de 0% y 12% de humedad con la finalidad de obtener mejores comparaciones.

#### **2.4. Influencia de los factores internos y externos en la madera**

TUSSET (1979), agrega que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

Asimismo CASTRO (1972), menciona que el factor externo suelo ejerce gran influencia en el desarrollo del árbol y esto se ve reflejado en la calidad de la madera es así cuando el terreno es húmedo la fibra resulta ligera y esponjosa siendo el exceso de agua el que impide que la savia se concentre y forme un tejido compacto, en cambio los árboles de maderas duras se desarrollan en terrenos secos y arcillosos.

ARROYO (1983), nos dice que la variabilidad como resultante de factores externos o condiciones de crecimiento ha sido investigada pero aún no se ha llegado a conclusiones uniformes en cuanto a que propiedades son las más afectadas o cual de los factores es el que más influye, pero puede decir que en cuanto a tratamientos silviculturales, este ha demostrado tener mayor efecto sobre algunas propiedades de la madera, mediante la manipulación del

distanciamiento de plantación e incidencia de luz, estimulación del crecimiento con fertilizantes, disponibilidad de agua y ubicación geográfica.

## **2.5. Factores que inciden en el secado**

### **2.5.1. Factores de la madera**

#### **2.5.1.1. Influencia de la estructura anatómica**

Según SOLANO (1998), considerando que las células son alargadas y en su mayoría dispuestas en el sentido paralelo al eje del árbol, comunicadas entre sí por punteaduras y perforaciones se deduce que el movimiento del agua dentro de la madera y de allí a la superficie se efectúa con mayor facilidad en dirección longitudinal.

Teniendo en cuenta los tres diferentes planos, determinados por el eje del árbol los radios leñosos y los anillos de crecimiento se ha establecido que la madera en el sentido longitudinal se seca en promedio tres veces más rápido que en el sentido radial y dos veces más que en el sentido tangencial. El tamaño de las células los contenidos que posean y la proporción de cada una de ellas en el leño tienen también influencia en el secado.

#### **2.5.1.2. La higroscopicidad**

SOLANO (1998), la higroscopicidad, es la característica que tienen los cuerpos porosos, entre ellos la madera de perder o ganar humedad de acuerdo al medio ambiente donde se encuentra. Esta propiedad tiene gran influencia en el secado ya que mediante ella se logra que la madera pierda

humedad, cambiando las condiciones climáticas del sitio donde se encuentre (horno de secado). En un clima cualquiera la madera adquiere un contenido de humedad determinado que se conoce como contenido de humedad de equilibrio.

### **2.5.1.3. La anisotropía**

Según SOLANO (1998), la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinales, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado, ya que la mayoría de ellos son producidos por efectos de las contracciones o disminuciones de dimensiones diferentes de cada uno de los tres planos y se presentan después que la madera ha perdido el agua libre y empieza a perder el agua fija.

La contracción tangencial es mayor que la radial y esta mayor que la longitudinal pudiendo decirse que la tangencial fluctúa entre 3.5% a 15%, la radial varía entre 2.4% a 11% y la longitudinal varía entre 0.1% a 0.9%. La relación entre la contracción tangencial y la contracción radial es el coeficiente de estabilidad dimensional (CED). Si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efectos del secado serían despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución desigual de dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumentan las pérdidas de madera durante el proceso de secado (SOLANO, 1998).

El valor del CED incide directamente sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto CED. La contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas, rajaduras y deformaciones si el secado es muy rápido (SOLANO, 1998).

#### **2.5.1.4. Espesor de la pieza**

Es otro factor que influye en la velocidad del secado a mayor espesor mayor tiempo de secado (SOLANO, 1998).

#### **2.5.1.5. Patrón de aserrado**

La madera aserrada en el sentido tangencial seca más rápido que aquella aserrada en sentido radial, debido a que los radios ayudan al movimiento del agua a través de ellos. Sin embargo tablas aserradas tangencialmente son más propensas las rajaduras y deformaciones (SOLANO, 1998).

### **2.5.2. Factores del clima**

La temperatura es un factor de aceleración de secado ya que el calor es el responsable de que las moléculas en la madera adquieran la energía cinética necesaria para la evaporación de agua. Cuanto más elevada sea la temperatura del ambiente que la rodea, más intensa será la evaporación y el aire podrá absorber la humedad liberada por la madera (SOLANO, 1998).

## 2.6. Características generales de *Senefeldera inclinata*. Mart

### 2.6.1. Descripción taxonómica de *Senefeldera inclinata*. Mart

REYNEL *et al* (2003), define la siguiente da la clasificación:

División	: MAGNOLIOPHYTA
Clase	: MAGNOLIOPSIDA
Orden	: Malpighiales
Familia	: EUFHORBIACEAE
Género	: <i>Senefeldera</i>
Especie	: <i>inclinata</i>
Nombre científico	: <i>Senefeldera inclinata</i> . Mart
Nombre común	: Bizcocho, chimbe, huesito, palo de laurel, palo huele feo, poncho.

### 2.6.2. Descripción dendrológica

#### 2.6.2.1. Caracteres vegetativos

Árbol hasta 20 m de altura, con flores masculinas y femeninas en una misma planta. Hojas simples alternas a veces agrupadas al final de las ramitas, enteras, con una vena principal y secundaria que salen de esta, con estípulas, peciolo callosos en ambos extremos y con diferente longitud. De forma inversa a la de un huevo (obovado)-o en forma de lanza, 15-25 x 5-8 cm, ápice acuminado, con una punta corta u obtuso, base recta cuneada y con dos glándulas; el haz y el envés liso usualmente sin pelos ni escamas, a veces con pelos dispersos o prácticamente sin pelos; contiene de 12 a 14 pares de venas secundarias (PEÑUELA y JIMÉNEZ, 2010).



### 2.6.2.2. Caracteres florales

Inflorescencias laxas; con tallitos de las inflorescencias masculinas parcialmente inclinados; posee de siete a diez estambres y una a dos flores con los órganos femeninos en la base de cada ramita, cáliz con dos o tres lóbulos, margen glandular con pequeños dientes redondeados; estigmas suculentos gruesos y con papilas. Fruto en cápsulas lisas que varían de tamaño entre 15-22 x 12-17 mm, ápice plano o pequeño y corto, cocos unidos hasta el ápice (PEÑUELA y JIMÉNEZ, 2010).



Figura 1. Inflorescencias laxas

### 2.6.3. Usos

Alimento animal, combustible, carnada (semilla) Artesanal, medicinal, aserrío (PEÑUELA y JIMÉNEZ, 2010).

#### **2.6.4. Importancia del estudio de la especie *Senefeldera inclinata*. Mart.**

En el campo de la industria forestal se conoce poco sobre esta especie, fue lo que motivo al estudio para conocer que usos se le puede dar en la industria maderera, a parte que es una especie dominante en los bosques densos y así evitar la explotación de otras especies que se están en veda.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal y Laboratorio de Anatomía de la Madera, Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en la ciudad de Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, Región Huánuco.

Cuadro 6. Coordenadas UTM del Laboratorio de Anatomía de la Madera.

Este	Norte	Altitud
389235	8972206	657 m.s.n.m.

Fuente: Datos de campo.

Donde la temperatura es de 24.2 °C, con una humedad relativa de 82% y una precipitación anual de 3,200 mm.

Ecológicamente, de acuerdo a la clasificación de zonas de vida Leslie R. Holdridge (1982), Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo premontano sub tropical (bmh-PST).

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Material biológico**

150 Probetas obtenidas de 5 árboles de *Senefeldera inclinata*.  
Mart, procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS).

### **3.2.2. Equipos de campo**

Motosierra STIHL, GPS GARMIN map 60CSx, brújula  
BRUNTON y Cámara fotográfica Panasonic DMC-FS7.

### **3.2.3. Materiales de campo**

Libreta de apuntes, plumón indeleble, wincha de 30 m, machete.

### **3.2.4. Equipos de Taller Tecnología y Maquinaria Forestal**

Cepilladora marca MASUKI, modelo MY4 – 5HP, Garlopa eléctrica  
marca INVICTA DELTA, modelo, serie 22650 – 13388 y Sierra de disco marca  
DELCROSALIID, modelo B112M84/ED/ER.

### **3.2.5. Equipos materiales e insumos de laboratorio**

Balanza eléctrica OMAUS – CIMATECSA, con precisión de 0.01 g,  
estufa eléctrica MEMMERT – CIMATECSA, vernier digital KAMASA- KM – 447,  
con precisión de 0 – 150 mm/ 0 – 6”, desecador SCHOT – DURAN, hornilla  
eléctrica, cera parafina, punzón, soporte universal, vaso de precipitación, agua  
destilada.

### **3.2.6. Material de gabinete**

Formularios (para toma de las medidas húmedas y secas) y laptop HP G42-364L4 Notebook PC.

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Fase de campo**

#### **3.3.1.1. Selección de la zona de muestreo**

Para el muestreo y selección del área experimental, se realizó según la Norma Técnica Peruana 251.008, que recomienda el sistema de selección y colección al azar, de modo que cada etapa, las unidades componentes (zona, troza, vigueta y probeta), tenga las probabilidades de ser elegidas de acuerdo con el volumen que exista.

#### **3.3.1.2. Selección de los árboles**

La selección y colección de los árboles se realizó según la norma NTP 251.002, la que establece un mínimo de cinco árboles por especie, en este caso utilizamos cinco árboles de *Senefeldera inclinata*. Mart del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) (Anexo 13). Para la selección se consideró árboles de fuste recto, sin ramificación baja, ni daños patológicos. Además se tomaron los datos de altura total, altura comercial, diámetro a la altura del pecho (dap).

Las muestras se colectaron en un rango de 1,5 a 2 m de altura del fuste (tres trozas por árbol, que representan tres niveles. base, medio y ápice), para obtener las muestras correspondientes. Considerando la dirección Norte y

Sur de la sección transversal del árbol (Figura 2). Esta fase se realizó siguiendo la metodología descrita en la norma NTP 251. 008.

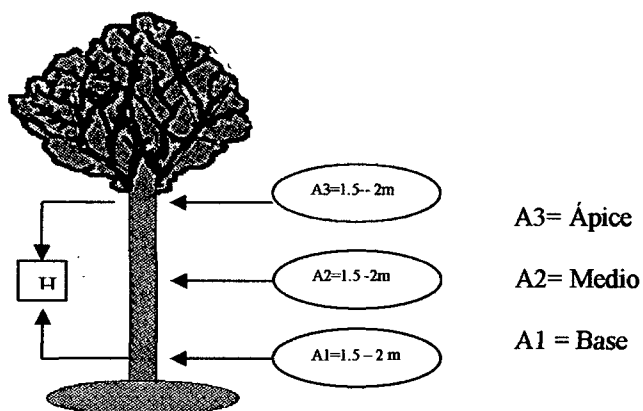


Figura 2. Alturas (niveles) consideradas para el estudio.

### 3.3.1.3. Talado, trozado y aserrío primario

Se realizó el tumbado con la motosierra, direccionando adecuadamente la caída de los árboles, luego del cual se ha medido la longitud comercial y total; después se realizó el trozado y aserrío de los árboles obteniéndose un tablón central de 60 cm de largo con un espesor de 5 cm, del nivel base, medio y ápice del fuste.

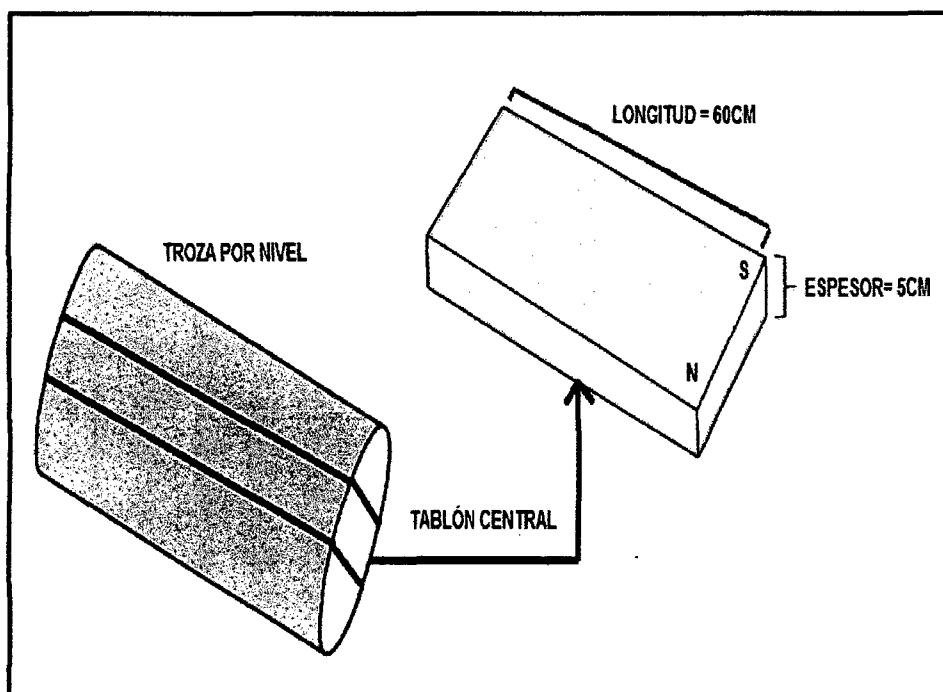


Figura 3. Obtención del tablón central de cada nivel del fuste

#### **3.3.1.4. Transporte**

Los tablones fueron trasladados manualmente del BRUNAS al Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables.

### **3.3.2. Fase de laboratorio**

#### **3.3.2.1. Preparación de las probetas**

Del tablón central se obtuvo, viguetas de 3cm x 3cm x 60 cm de longitud, de las cuales se prepararon las probetas con dimensiones de 3 cm x 3 cm x 10 cm por cada tablón respetando su dirección y orientación, tal como se establece en las normas NTP 251.008 y 251.009.

De cada nivel del fuste se ha obtenido 10 probetas, de cada árbol 30 probetas y en total se han obtenido 150 probetas de cinco árboles, Cada probeta fue codificada cuidadosamente con un plumón indeleble, para luego ser llevados al laboratorio para su análisis correspondiente. El codificado de probetas fue de la siguiente manera: 1BN1, 1BS1, 1BN2, 1BS2, 1BN3, 1BS3; haciendo las repeticiones de cada una de ellas, para cada nivel del fuste, enumerando consecutivamente cada muestra, donde:

**1BN1:** Árbol uno, base, norte, uno.

**1BS1:** Árbol uno, base, sur, uno.

**1BN2** Árbol uno, base, norte, dos.

**1BS2:** Árbol uno, base, sur, dos.

**1BN3:** Árbol uno, base, norte, tres.

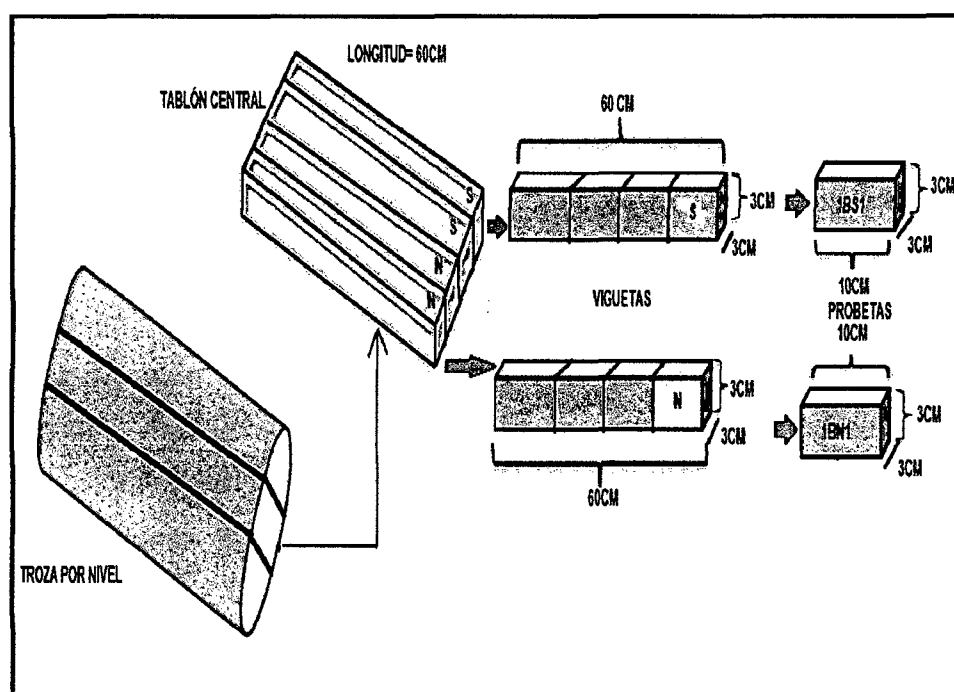


Figura 4. Obtención de probetas



### 3.3.2.2. Determinación del contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad, se utilizó la metodología descrita en la norma NTP 251.010, que consistió:

- **Preparación de probetas:** Las probetas se tomaron al azar según la norma correspondiente (NTP 251.010). Se emplearon probetas de 3 x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud.

- **Procedimiento:** Se pesaron cada una de las probetas para obtener el peso húmedo ( $ph$ ), expresados en gramos y luego se colocaron en la estufa.

Se aplicó un calentamiento gradual por día, a temperaturas desde 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C hasta alcanzar los 103 °C  $\pm$  2 °C, dejando las probetas a esta temperatura no menos de 20 horas. Se retiró las muestras de la estufa, se dejó enfriar en un desecador por espacio de 15 minutos, posteriormente se sacó las probetas del desecador y se pesó nuevamente, tomándose los datos del peso seco al horno ( $psh$ ).

Se repitió el procedimiento hasta obtener el peso constante, o sea el peso seco al horno. El contenido de humedad se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{ph - psh}{psh} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

CH = contenido de humedad en condición seca.

ph = peso húmedo.

psh = peso seco al horno

### 3.3.2.3. Determinación de densidad

La densidad se determinó en base a la norma NTP 251.011.

- **Preparación de las probetas:** Las probetas se tomaron al azar según la norma correspondiente (NTP 251.011). Se emplearon probetas de 3 x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud.

- **Procedimiento:** Se pesaron las probetas en estado saturado para obtener el peso húmedo (Ph). El volumen húmedo (Vh) se determinó en forma indirecta, sumergiendo la probeta en un peso conocido de agua destilada sin tocar el fondo del recipiente y se registró el incremento de peso correspondiente, que representa el volumen desplazado por la probeta.

Luego las probetas se colocaron en la estufa a un calentamiento gradual por día, a temperaturas desde 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C hasta alcanzar los 103 °C  $\pm$  2 °C, dejando las probetas a esta temperatura no menos de 20 horas. Se retiró las probetas de la estufa, se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. Se repitió el tratamiento hasta alcanzar un peso constante. En esta forma se consigue el peso seco al horno (Psh).

Posteriormente las probetas se parafinaron, para determinar el volumen seco al horno ( $V_{sh}$ ), en forma indirecta en agua destilada.

Los datos obtenidos se anotaron en un cuaderno de apuntes. Con los datos obtenidos la densidad se calculó con la siguiente fórmula:

**Densidad saturada :**

$$DS = \frac{Ph}{Vh} \dots\dots\dots(2)$$

**Densidad básica :**

$$DB = \frac{Psh}{Vh} \dots\dots\dots(3)$$

**Densidad anhidra :**

$$DA = \frac{Psh}{Vsh} \dots\dots\dots(4)$$

Dónde:

Ph = peso húmedo en gramos.

Vh = Volumen húmedo en  $\text{cm}^3$ .

Psh = peso seco al horno en gramos.

Vsh = volumen seco al horno en  $\text{cm}^3$ .

#### 3.3.2.4. Determinación de contracción

Para determinar la contracción se siguió la norma NTP 251.012.

**- Preparación de probetas:** Se prepararon las probetas de 3 x 3 cm de sección transversal y de 10 cm de longitud. Se preparó de tal manera

que dos de sus caras paralelas entre si sean superficies tangenciales a los anillos de crecimiento, y las otras dos caras resulten, en la dirección paralela a los radios, con el eje longitudinal de la probeta a la dirección de las fibras.

- **Procedimiento:** Se identificaron y marcaron las caras tangenciales, radiales y longitudinales. Inmediatamente después preparadas las probetas se pesaron y midieron los puntos centrales de las caras, las dimensiones tangenciales, radiales y longitudinales.

Luego las probetas se colocaron en la estufa a un calentamiento gradual por día, a temperaturas desde 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C hasta alcanzar los 103 °C ± 2 °C, dejando las probetas a esta temperatura no menos de 20 horas hasta obtener un peso constante.

Después de enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente, se pesaron las probetas y se midieron sus dimensiones tangenciales, radiales y longitudinales obteniendo así sus dimensiones en estado seco.

La contracción total de la madera (desde húmeda a seco al horno), se calculó con las fórmulas siguientes:

**Contracción tangencial (CT):**

$$CT = \frac{dth - dtsh}{dth} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

Dónde:

dth = Dimensión tangencial de la probeta humedad en mm (contenido de humedad mayor a 30%).

dtsh = Dimensión tangencial de la probeta seca al horno en mm (contenido de humedad igual a 0%).

**Contracción radial (CR):**

$$CR = \frac{drh - drsh}{drh} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

Dónde:

drh = Dimensión radial de la probeta húmeda en mm (contenido de humedad mayor a 30%).

drsh = Dimensión radial de la probeta seca al horno en mm (contenido de humedad igual a 0%).

**Contracción longitudinal (CL):**

$$CL = \frac{dlh - dlsh}{dlh} \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

Dónde:

dlh = Dimensión longitudinal de la probeta humedad en mm (contenido de humedad mayor a 30%).

dlsh = Dimensión longitudinal de la probeta seca al horno en mm (contenido de humedad igual a 0%).

### **Contracción volumétrica (CV):**

$$CV = \frac{v_h - v_{sh}}{v_h} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

Dónde:

$V_h$  = Volumen de la madera en condición húmeda en  $\text{cm}^3$  (Contenido de humedad mayor de 30%).

$V_{sh}$  = Volumen de la madera en condición seca al horno en  $\text{cm}^3$  (Contenido de humedad igual a 0%).

### **3.3.3. Análisis estadístico**

Se utilizó el programa SPSS v. 20.00 para Windows, para el análisis de los datos con respecto a las propiedades físicas, se utilizó un diseño en bloques completamente randomizado (DBCR) con arreglo factorial de 3 x 2, con 5 bloques.

#### **3.3.3.1. Componentes de estudio**

##### **1. Niveles de fuste (Factor A)**

- $a_1$  = Base
- $a_2$  = Medio
- $a_3$  = Ápice

##### **2. Orientación (Factor B)**

- $b_1$  = Norte
- $b_2$  = Sur

### 3.3.3.2. Tratamientos en estudio

Cuadro 7. Tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	COMBINACIONES	DESCRIPCIÓN
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Probeta extraída de la base del fuste, orientación norte
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Probeta extraída de la base del fuste, orientación sur
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Probeta extraída del medio del fuste, orientación norte
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Probeta extraída del medio del fuste, orientación sur
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	Probeta extraída del ápice del fuste, orientación norte
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	Probeta extraída del ápice del fuste, orientación sur

### 3.3.3.3. Diseño estadístico

Para el análisis de los datos de cada factor con respecto a las propiedades físicas se utilizó un diseño en bloques completamente randomizado (DBCR) con arreglo factorial de 3 x 2, con 5 bloques, para la comparación de medidas se utilizó la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ), el diseño está representado por el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \sigma_k + \epsilon_{ijk} \dots \dots \dots (9)$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Es el resultado que se obtuvo en la k-ésima subunidad, correspondiendo a la unidad experimental del j-ésimo árbol, a la cual se le asignó el i-ésimo nivel del fuste.

- $\mu$  = Efecto de la media general  
 $\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del fuste  
 $\beta_j$  = Efecto del j-ésimo árbol  
 $\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de interacción entre i-ésimo nivel de fuste con el j-ésimo nivel de forma de orientación.  
 $\sigma_k$  = Efecto de la k-ésima repetición.  
 $\epsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio del error experimental en la unidad observada.

Cuadro 8. Esquema del análisis de varianza (ANVA)

FV	GL	SC	CM
BLOQUES	(r-1)	SC bloques	CM bloques
A	(a-1)	SC a	CM a
B	(b-1)	SC b	CM b
AB	(a-1)(b-1)	SC a x b	CM a x b
Error experimental	Ab(r-1)	SC error exp.	CM error exp
<b>TOTAL</b>	Ab-1	SC total	CM total

Variables de estudio:

✓ **Variables independientes**

X1: Orientación norte

X2: Orientación sur

X3: Nivel ápice del fuste

X4: Nivel medio del fuste

X5: Nivel base del fuste



✓ **Variables dependientes**

Y1: Contenido de humedad (%)

Y2: Densidad (gr/cm<sup>3</sup>)

Y3: Contracción (%)

## IV. RESULTADOS

Los resultados del presente trabajo de investigación sobre las propiedades físicas de la madera de *Senefeldera inclinata*. Mart. "Huangana caspi"; muestran: el contenido de humedad, densidad (saturada, básica y anhidra) y contracción (tangencial, radial, longitudinal y contracción volumétrica), cuyos datos fueron procesados y sistematizados adecuadamente, para luego ser sometidos a un riguroso análisis de variancia a través de un diseño de bloques completamente randomizado (DBCR).

### 4.1. Contenido de humedad de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Los datos promedios del contenido de humedad por nivel de fuste y orientaciones, así como los promedios totales de los niveles de fuste por orientación y el promedio general del contenido de humedad respectivamente (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valores promedio del contenido de humedad por niveles de fuste y orientación norte y sur de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Niveles del fuste	Orientaciones		Promedio (%)
	Norte (%)	Sur (%)	
BASE	42.70	43.64	43.17
MEDIO	44.79	44.82	44.80
APICE	46.59	45.95	46.27
<b>Promedio (%)</b>	44.69	44.80	44.75

El porcentaje de contenido de humedad de acuerdo a la interacción de niveles del fuste con la orientación magnética (Figura 5).

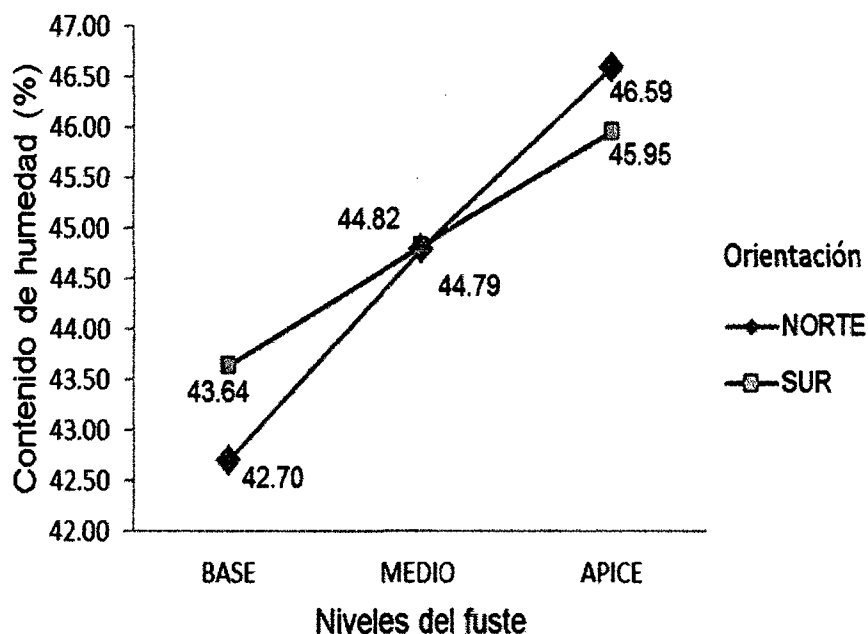


Figura 5. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la media de contenido de humedad de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Se ha encontrado mayor contenido de humedad en el ápice del fuste con orientación norte (46.59%), que en el ápice del fuste con orientación sur (45.95%), con un promedio de contenido de humedad en el ápice de 46.27%; seguido del nivel medio del fuste con orientación sur (44.82%) que del nivel medio del fuste con orientación norte (44.79%), con un promedio de contenido de humedad en el nivel medio de 44.80% y en la base del fuste con orientación sur (43.64%), que la base del fuste con orientación norte (42.70%), con un promedio de contenido de humedad en la base del fuste de 43.17%. Obteniendo el promedio general del contenido de humedad de la especie *Senefeldera inclinata*. Mart de 44.75% ( Cuadro 9 y Figura 5).

Se observa que la significancia ( $p < 0.05$ ) en árboles y nivel de fuste, por tanto se rechaza la igualdad entre árboles, esto indica que el efecto árbol y nivel de fuste ayudó a mejorar significativamente la precisión del experimento, respecto al contenido de humedad y la significancia ( $p > 0.05$ ), de orientación y nivel de fuste por orientación magnética, por lo tanto, se acepta la igualdad, esto indica que no existen diferencias significativas entre las orientaciones y nivel de fuste por orientación magnética, respecto al contenido de humedad (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza del contenido de humedad de *Senefeldera inclinata*. Mart.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	4	248.29	62.07	45.15	<0.001**
Nivel de fuste (A)	2	48	24	17.46	<0.001**
Orientación (B)	1	0.1	0.1	0.07	0.793 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste x orientación	2	3.14	1.57	1.14	0.339 <sup>ns</sup>
Error experimental	20	27.5	1.38		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>327.03</b>			

CV(%): 8.108%.

\*\* : Significancia estadística (0.05 y 0.01).

ns: no presenta diferencia estadística ( $p > 0.05$ )

Hay diferencia significativa en los niveles de altura en lo que a contenido de humedad se refiere, Según Tukey los ubica en diferente categorización de significancia es decir, hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo la altura (Cuadro 11).

Considerando la altura de fuste, vemos que el valor promedio mayor es en el ápice 46.27%, siguiéndoles el medio 44.80% y finalmente la base 43.17%. Por lo cual el contenido de humedad en el fuste varía según el nivel de altura (Cuadro 11 y Figura 6).

Cuadro 11. Comparación de promedios (Tukey) del contenido de humedad (%) en diferentes niveles del fuste de *Senefeldera inclinata*. Mart.

OM	Nivel de fuste	Promedio (%)	Significancia
1	Ápice	46.27	a
2	Medio	44.80	b
3	Base	43.17	c

Letras diferentes muestran significancia estadística.

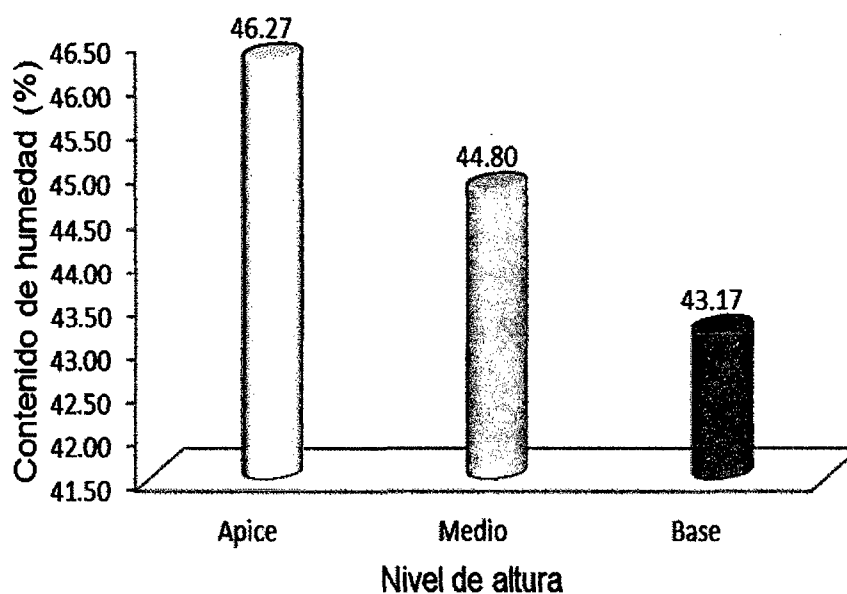


Figura 6. Alturas de fuste con respecto al contenido de humedad

## 4.2. Densidad de *Senefeldera inclinata*. Mart

### 4.2.1. Densidad saturada de *Senefeldera inclinata*. Mart

Los datos promedio de la densidad saturada por nivel de fuste y orientación magnética, así como los promedios totales de los niveles de fuste por orientación y el promedio general de la densidad saturada respectivamente, se presentan en el (Cuadro 12).

Cuadro 12. Valores promedio de la densidad saturada por nivel de fuste y orientación norte y sur de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Niveles del fuste	Orientaciones		Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )
	Norte(gr/cm <sup>3</sup> )	Sur (gr/cm <sup>3</sup> )	
BASE	1.10	1.12	1.11
MEDIO	1.10	1.09	1.10
APICE	1.10	1.08	1.09
<b>Promedio (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.10	1.10	1.10

Se encontró mayor densidad saturada en la base del fuste con orientación sur (1.11 gr/cm<sup>3</sup>), que en la base del fuste con orientación norte (1.09 gr/cm<sup>3</sup>), con un promedio de densidad saturada en la base de 1.10 gr/cm<sup>3</sup>; seguido del nivel medio del fuste con orientación norte (1.10 gr/cm<sup>3</sup>), que del nivel medio del fuste con orientación sur (1.09 gr/cm<sup>3</sup>), con un promedio de densidad saturada en el nivel medio de 1.09 gr/cm<sup>3</sup> y en el nivel ápice del fuste con orientación norte (1.10 gr/cm<sup>3</sup>), que en el nivel ápice del fuste con orientación sur (1.08 gr/cm<sup>3</sup>), con un promedio de densidad saturada en el nivel ápice del fuste de 1.09 gr/cm<sup>3</sup>. Obteniendo el promedio general de densidad saturada de la especie *Senefeldera inclinata*. Mart de 1.10 gr/cm<sup>3</sup> (Cuadro 12 y Figura 7).

La densidad saturada de acuerdo a la interacción de niveles del fuste con la orientación magnética (Figura 7).

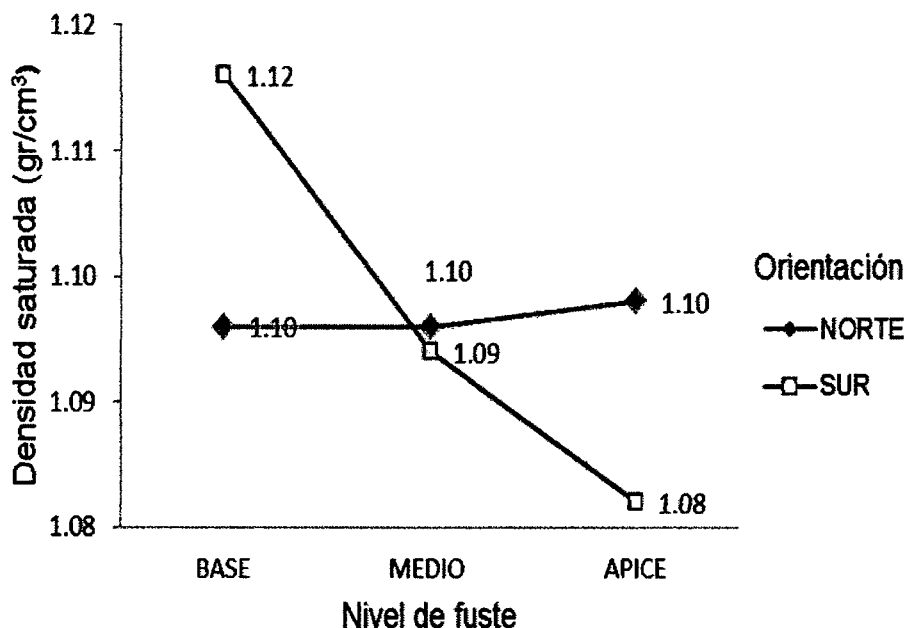


Figura 7. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de densidad saturada de *Senefeldera inclinata*. Mart.

La significancia en árboles es de ( $p < 0.05$ ), por tanto, se rechaza la igualdad entre árboles, esto indica que el efecto árbol ayudó a mejorar significativamente la precisión del experimento, respecto a la densidad saturada y la significancia nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, se acepta la igualdad, esto indica que no existen diferencias significativas entre el nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación, respecto a la densidad saturada (Cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de varianza de la densidad saturada de *Senefeldera inclinata*. Mart.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	4	0.021	0.005	7.857	<0.001**
Nivel de fuste(A)	2	0.001	0.001	1.018	0.379 <sup>ns</sup>
Orientación(B)	1	0.003	0.003	0.005	0.944 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste x Orientación	2	0.002	0.001	1.251	0.308 <sup>ns</sup>
Error experimental	20	0.013	0.001		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>0.037</b>			

CV(%): 3.54%.

\*\* : Significancia estadística (0.05 y 0.01).

ns: no presenta diferencia estadística ( $p > 0.05$ )

#### 4.2.2. Densidad básica de la especie *Senefeldera inclinata*. Mart

Los datos promedio de la densidad básica por nivel de fuste y orientación magnética, así como los promedios totales de los niveles de fuste por orientación y el promedio general de la densidad básica respectivamente, se presentan en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Valores promedio de la densidad básica por nivel de fuste y orientación norte y sur de *Senefeldera inclinata* Mart.

Niveles del fuste	Orientaciones		Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )
	Norte(gr/cm <sup>3</sup> )	Sur (gr/cm <sup>3</sup> )	
BASE	0.77	0.78	0.77
MEDIO	0.76	0.76	0.76
APICE	0.75	0.74	0.75
<b>Promedio (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>0.76</b>	<b>0.76</b>	<b>0.76</b>

La densidad básica de acuerdo a la interacción de niveles del fuste con la orientación magnética (Figura 8).



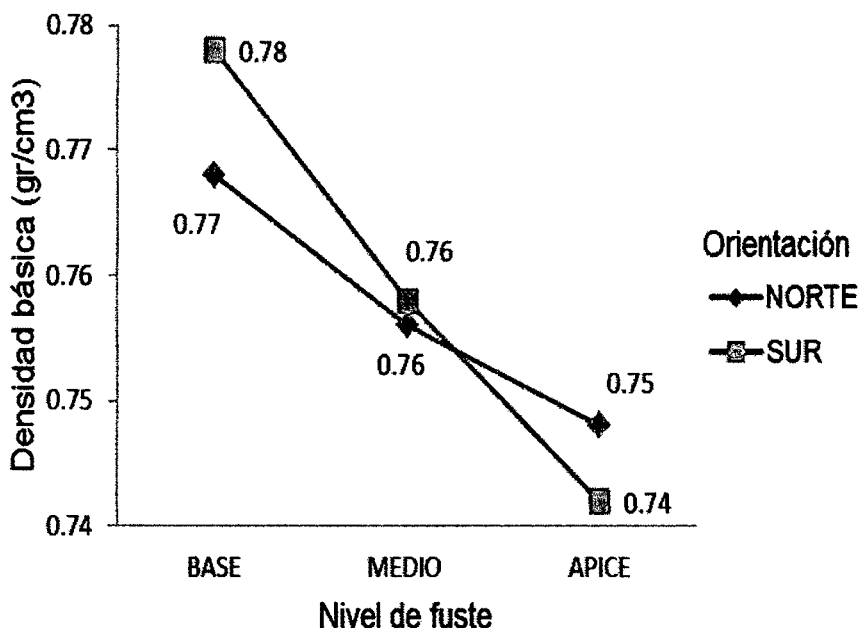


Figura 8. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de densidad básica de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Se encontró mayor densidad básica en la base del fuste con orientación sur ( $0.78 \text{ gr/cm}^3$ ), que en la base del fuste con orientación norte ( $0.77 \text{ gr/cm}^3$ ), con un promedio de densidad básica en la base de  $0.77 \text{ gr/cm}^3$ ; seguido del nivel medio del fuste con orientación sur y norte ( $0.76 \text{ gr/cm}^3$ ), con un promedio de densidad básica en el nivel medio de  $0.76 \text{ gr/cm}^3$  y en el nivel ápice del fuste con orientación norte ( $0.75 \text{ gr/cm}^3$ ), que en el nivel ápice del fuste con orientación sur ( $0.74 \text{ gr/cm}^3$ ), con un promedio de densidad básica en el nivel ápice del fuste de  $0.75 \text{ gr/cm}^3$ . Obteniendo el promedio general de densidad básica de la especie *Senefeldera inclinata*. Mart de  $0.76 \text{ gr/cm}^3$  (Cuadro 14 y Figura 8).

La significancia ( $p < 0.05$ ) en árboles y nivel de fuste, por tanto se rechaza la igualdad entre bloques, esto indica que el efecto árbol y nivel de fuste ayudó a mejorar significativamente la precisión del experimento, respecto a la densidad básica y la significancia ( $p > 0.05$ ), de orientación y nivel de fuste por orientación, por lo tanto se acepta la igualdad, esto indica que no existen diferencias significativas entre la orientación y nivel de fuste por orientación, respecto a la densidad básica (Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de varianza de la densidad básica de *Senefeldera inclinata*  
Mart.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	4	0.030	0.007	33,959	<0.001**
Nivel de fuste(A)	2	0.004	0.002	9,066	<0.002**
Orientación(B)	1	0.033	0.033	0.138	0.714 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste x Orientación	2	0.000	0.000	0.735	0.492 <sup>ns</sup>
Error experimental	20	0.004	0.000		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>0.038</b>			

CV(%): 4.96%.

\*\* : Significancia estadística (0.05 y 0.01).

ns: no presenta diferencia estadística ( $p > 0.05$ )

Hay diferencia significativa en los niveles de altura de fuste en lo que a densidad básica se refiere, es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo la altura de fuste. Existe diferencia significativa entre la base, frente a ápice; difieren estadísticamente. Pero no existe diferencia significativa entre la base vs medio y el ápice vs medio (Cuadro 16).

Dentro de la altura de fuste, vemos que el valor promedio mayor es la base 0.77 gr/cm<sup>3</sup>, siguiéndoles el medio 0.76 gr/cm<sup>3</sup> y finalmente el ápice 0.75 gr/cm<sup>3</sup>. Por lo cual la densidad básica varía según el nivel de altura de fuste (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de promedios (Tukey) de la densidad básica (gr/cm<sup>3</sup>) en diferentes niveles del fuste de *Senefeldera inclinata*. Mart.

OM	Nivel de fuste	Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	Significancia	
1	Ápice	0.75	a	
2	Medio	0.76	a	b
3	Base	0.77		b

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Para la ecuación lineal de la densidad básica se consideró los valores promedios del nivel de fuste, base, medio y ápice, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a 0.9932, que significa que hay una relación del 99.32%, estos valores son asumidos debido a que el fuste ha sido dividido en tres proporciones iguales (figura 9).

$$Y = -0.014x + 0.7863$$

Dónde:

Y = Densidad básica

X = Niveles del fuste (base, medio y ápice)

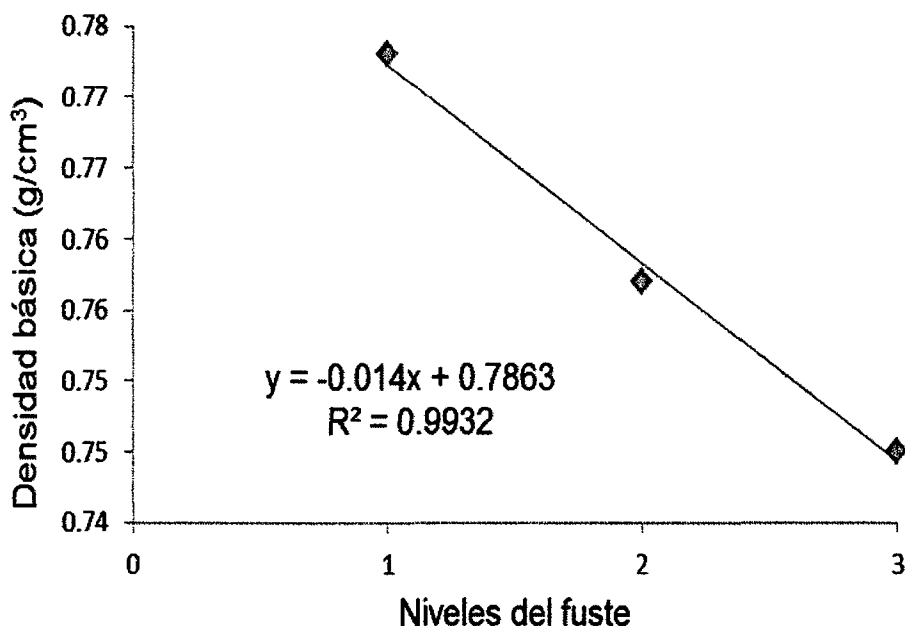


Figura 9. Ecuación lineal de los promedios del nivel de fuste de la densidad básica de *Senefeldera inclinata*. Mart

#### 4.2.3. Densidad anhidra de la especie *Senefeldera inclinata*. Mart

Los datos promedios de la densidad anhidra por nivel de fuste y orientación magnética, así como los promedios totales de los niveles de fuste por orientación y el promedio general de la densidad anhidra respectivamente, se representa en el (Cuadro 17).

Cuadro 17. Valores promedio de la densidad anhidra por nivel de fuste y orientación norte y sur de *Senefeldera inclinata* Mart.

Niveles del fuste	Orientaciones		Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )
	Norte (gr/cm <sup>3</sup> )	Sur (gr/cm <sup>3</sup> )	
BASE	0.89	0.91	0.90
MEDIO	0.88	0.88	0.88
APICE	0.88	0.87	0.87
<b>Promedio (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0.88	0.88	0.88

La densidad anhidra de acuerdo a la interacción de niveles del fuste con la orientación magnética (Figura 10).

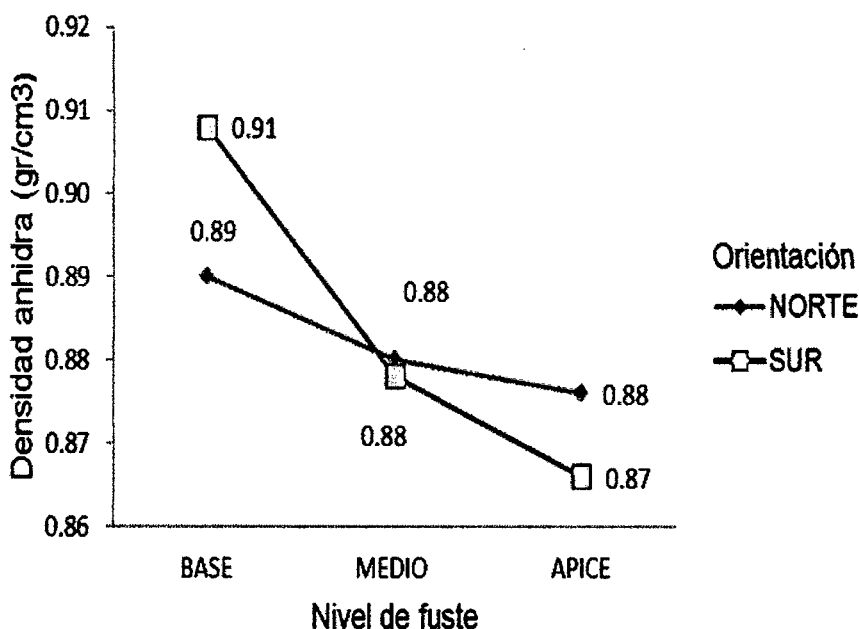


Figura 10. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de densidad anhidra de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Se encontró mayor densidad anhidra en la base del fuste con orientación sur ( $0.91 \text{ gr/cm}^3$ ), que en la base del fuste con orientación norte ( $0.89 \text{ gr/cm}^3$ ), con un promedio de densidad anhidra en la base de  $0.90 \text{ gr/cm}^3$ ; seguido del nivel medio del fuste con orientación sur y norte ( $0.88 \text{ gr/cm}^3$ ), con un promedio de densidad anhidra en el nivel medio de  $0.88 \text{ gr/cm}^3$  y en el nivel ápice del fuste con orientación norte ( $0.88 \text{ gr/cm}^3$ ), que en el nivel ápice del fuste con orientación sur ( $0.87 \text{ gr/cm}^3$ ), con un promedio de densidad anhidra en el nivel ápice del fuste de  $0.87 \text{ gr/cm}^3$ . Obteniendo el promedio general de densidad anhidra de la especie *Senefeldera inclinata*. Mart de  $0.88 \text{ gr/cm}^3$  (Cuadro 17 y Figura 10).

Se observa que la significancia ( $p < 0.05$ ) en árboles y nivel de fuste, por tanto se rechaza la igualdad entre bloques (Cuadro 18), esto indica que el efecto árbol y nivel de fuste ayudó a mejorar significativamente la precisión del experimento, respecto a la densidad anhidra y la significancia ( $p > 0.05$ ), de orientación y nivel de fuste por orientación, por lo tanto se acepta la igualdad, esto indica que no existen diferencias significativas entre las entre orientaciones y nivel de fuste por orientación, respecto a la densidad anhidra.

Cuadro 18. Análisis de varianza de la densidad anhidra de *Senefeldera inclinata*. Mart.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig.</b>
Árboles	4	0.051	0.013	32,858	<0.001**
Nivel de fuste(A)	2	0.004	0.002	5,412	<0.013*
Orientación(B)	1	0.033	0.033	0.078	0.783 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste x Orientación	2	0.001	0.001	1,353	0.281 <sup>ns</sup>
Error experimental	20	0.008	0.000		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>0.063</b>			

CV(%): 5.42%.

\*\* : Significancia estadística (0.05 y 0.01).

ns: no presenta diferencia estadística ( $p > 0.05$ )

Se observa que hay diferencia significativa en los niveles de altura en lo que a densidad anhidra se refiere, es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo la altura de fuste. Existe diferencia significativa entre la base, frente al ápice; difieren estadísticamente. Pero no existe diferencia significativa entre la base vs medio y el ápice vs medio (Cuadro 19).

Dentro de la altura de fuste, vemos que el valor promedio de densidad anhidra, es mayor en la base  $0.90 \text{ gr/cm}^3$ , siguiéndoles el medio  $0.88 \text{ gr/cm}^3$  y finalmente el ápice  $0.87 \text{ gr/cm}^3$ . Por lo cual la densidad anhidra varía según el nivel de altura del fuste (Cuadro 19).

Cuadro 19. Comparación de promedios (Tukey) de la densidad anhidra ( $\text{gr/cm}^3$ ) en diferentes niveles del fuste de *Senefeldera inclinata*. Mart.

OM	Nivel de fuste	Promedio ( $\text{gr/cm}^3$ )	Significancia
1	Ápice	0.87	a
2	Medio	0.88	a b
3	Base	0.90	b

Se observa, con respecto a la altura de fuste, la densidad es mayor en la base, le sigue el medio y finalmente el ápice (Cuadro 12, 14, 16, 17, 18 y Figura 11).

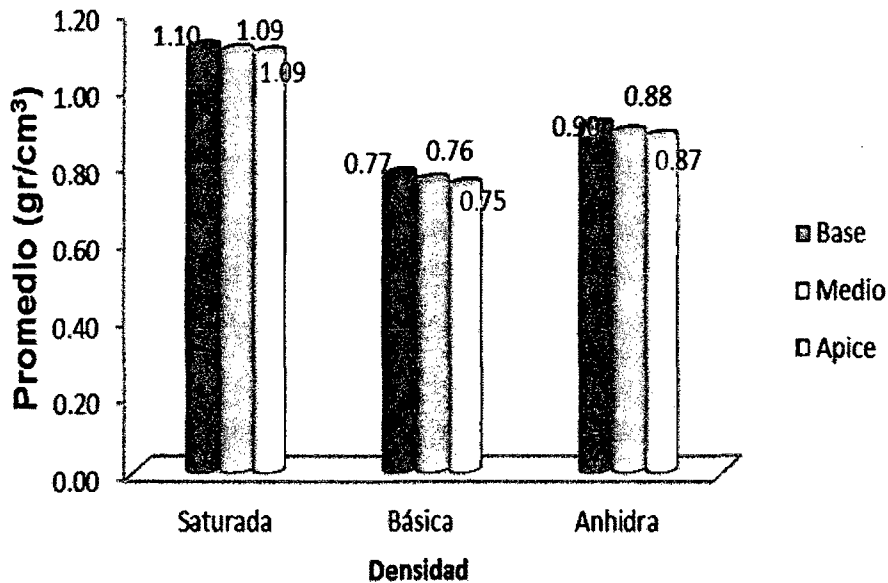


Figura 11. Densidad promedio de las alturas de densidad saturada, básica y anhidra de *Senefeldera inclinata*. Mart.

### 4.3. Contracción de *Senefeldera inclinata*. Mart

#### 4.3.1. Contracción tangencial de *Senefeldera inclinata*. Mart

Los datos promedios de la Contracción tangencial por nivel de fuste y orientación, así como los promedios totales de los niveles de fuste por orientación y el promedio general de la Contracción tangencial respectivamente, se presentan en el (Cuadro 20).



Cuadro 20. Valores promedio de la Contracción tangencial por nivel de fuste y orientación norte y sur de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Nivel del fuste	Orientaciones		Promedio (%)
	NORTE (%)	SUR (%)	
BASE	8.77	9.27	9.02
MEDIO	8.94	8.48	8.71
APICE	8.80	8.58	8.69
<b>Promedio (%)</b>	<b>8.84</b>	<b>8.77</b>	<b>8.80</b>

Se muestra la contracción tangencial de acuerdo a la interacción de niveles del fuste con la orientación (Figura 12).

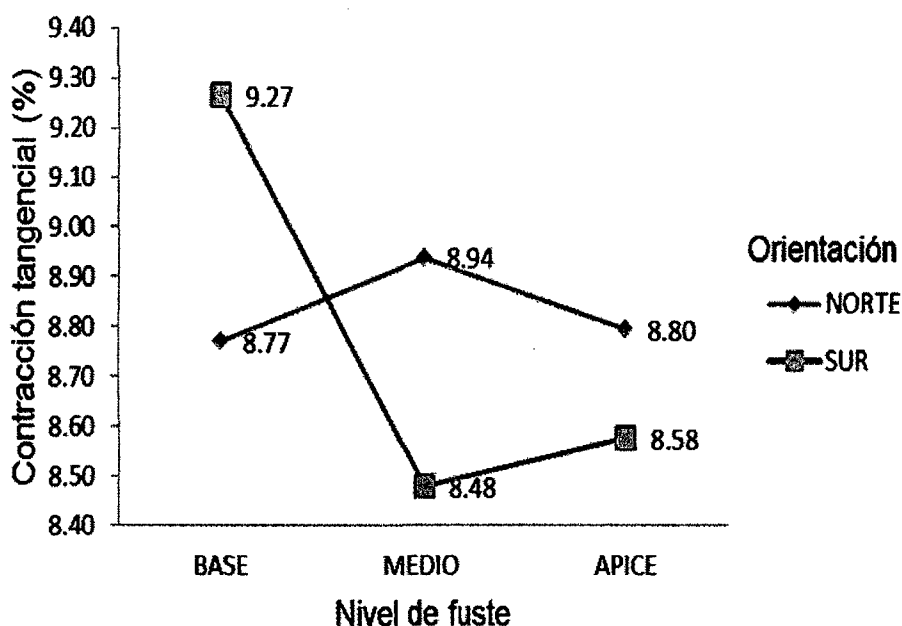


Figura 12. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de contracción tangencial de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Se encontró mayor contracción tangencial en la base del fuste con orientación sur (9.27 %), que en la base del fuste con orientación norte (8.77 %), con un promedio de contracción tangencial en la base de 9.02 %; seguido del nivel medio del fuste con orientación norte (8.94%), que del nivel medio del

fuste con orientación sur (8.48 %), con un promedio de contracción tangencial en el nivel medio de 8.71% y en el nivel ápice del fuste con orientación norte (8.80%), que en el nivel ápice del fuste con orientación sur (8.58 %), con un promedio de contracción tangencial en el nivel ápice del fuste de 8.69%. Obteniendo el promedio general de contracción tangencial de la especie *Senefeldera inclinata*. Mart. de 8.80% (Cuadro 20 y Figura 12).

La significancia ( $p > 0.05$ ), de árboles, nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación, por lo tanto se acepta la igualdad, esto indica que no existen diferencias significativas entre árboles, nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación, respecto a la contracción tangencial (Cuadro 21).

Cuadro 21. Análisis de varianza de la contracción tangencial de *Senefeldera inclinata*. Mart.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	4	5.438	1.359	2.568	0.070 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste(A)	2	0.691	0.346	0.653	0.531 <sup>ns</sup>
Orientación(B)	1	0.029	0.029	0.056	0.816 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste x Orientación	2	1.233	0.616	1.164	0.332 <sup>ns</sup>
Error experimental	20	10.587	0.529		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>17.978</b>			

CV(%): 13.53%.

\*\* : Significancia estadística (0.05 y 0.01).

ns: no presenta diferencia estadística ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.2. Contracción radial de *Senefeldera inclinata*. Mart

Se tiene los datos promedio de la Contracción radial por nivel de fuste y orientaciones, así como los promedios totales de los niveles de fuste por orientación y el promedio general de la Contracción radial respectivamente (Cuadro 22).

Cuadro 22. Valores promedio de la Contracción radial por nivel de fuste y orientación norte y sur de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Nivel del fuste	Orientaciones		Promedio (%)
	Norte (%)	Sur (%)	
BASE	5.03	5.01	5.02
MEDIO	5.24	5.50	5.37
APICE	5.54	5.83	5.68
<b>Promedio (%)</b>	5.27	5.45	5.36

Se encontró mayor contracción radial en el ápice del fuste con orientación sur (5.83 %), que en el ápice del fuste con orientación norte (5.53 %), con un promedio de contracción radial en el ápice de 5.68 %; seguido del nivel medio del fuste con orientación sur (5.5%), que del nivel medio del fuste con orientación norte (5.24 %), con un promedio de contracción radial en el nivel medio de 5.37 % y en la base del fuste con orientación norte (5.03%), que en la base del fuste con orientación sur (5.01 %), con un promedio de contracción radial de la base del fuste de 5.02 %. Obteniendo el promedio general de contracción radial de *Senefeldera inclinata*. Mart. de 5.36% (Cuadro 22 y Figura 13).

La contracción radial de acuerdo a la interacción de niveles del fuste con la orientación (Figura 13).

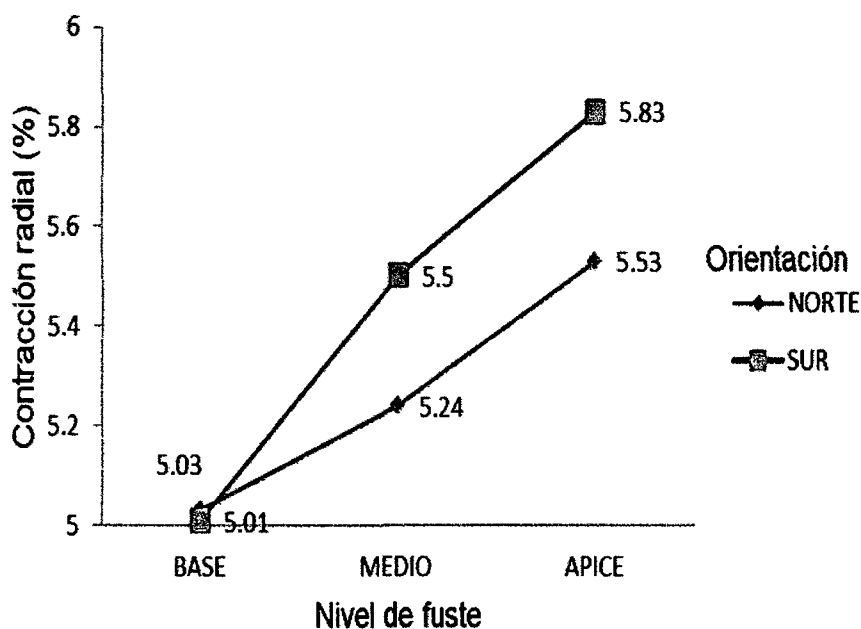


Figura 13. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de contracción radial de *Senefeldera inclinata*. Mart.

La significancia en árboles ( $p < 0.05$ ), por tanto se rechaza la igualdad entre árboles, esto indica que el efecto árbol ayudo a mejorar significativamente la precisión del experimento, respecto a la contracción radial y la significancia nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación ( $p > 0.05$ ), por lo tanto se acepta la igualdad, esto indica que no existen diferencias significativas entre las entre nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación, respecto al contracción radial (Cuadro 23).

Cuadro 23. Análisis de varianza de la contracción radial de *Senefeldera inclinata*. Mart.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	4	6.351	1.588	3.529	<0.025*
Nivel de fuste(A)	2	2.187	1.093	2.430	0.114 <sup>ns</sup>
Orientación(B)	1	0.234	0.234	0.52	0.479 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste x Orientación	2	0.148	0.074	0.164	0.850 <sup>ns</sup>
Error experimental	20	8.998	0.45		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>17.918</b>			

CV(%): 23.4%.

\*\* : Significancia estadística (0.05 y 0.01).

ns: no presenta diferencia estadística ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.3. Contracción longitudinal de *Senefeldera inclinata*. Mart

Los datos promedios de la contracción longitudinal por nivel de fuste y orientaciones, así como los promedios totales de los niveles de fuste por orientación y el promedio general de la Contracción longitudinal respectivamente (Cuadro 24).

Cuadro 24. Valores promedio de la Contracción longitudinal por nivel de fuste y orientación norte y sur de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Nivel del fuste	Orientaciones		Promedio (%)
	Norte (%)	Sur (%)	
BASE	0.47	0.75	0.61
MEDIO	0.58	0.64	0.61
ÁPICE	0.48	0.50	0.49
<b>Promedio (%)</b>	<b>0.51</b>	<b>0.63</b>	<b>0.57</b>

La contracción longitudinal de acuerdo a la interacción de niveles del fuste con la orientación. Se observa que mayor contracción longitudinal en la base del fuste con orientación sur (Figura 14).

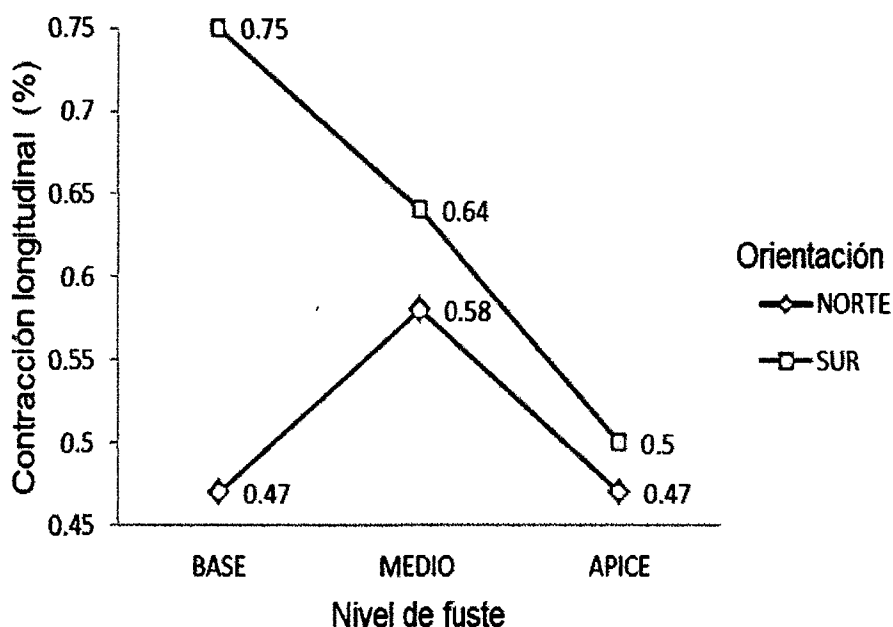


Figura 14. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de contracción longitudinal de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Se encontró mayor contracción longitudinal en la base del fuste con orientación sur (0.75 %), que en la base del fuste con orientación norte (0.47 %), con un promedio de contracción longitudinal en la base de 0.61 %; seguido del nivel medio del fuste con orientación sur (0.64 %), que del nivel medio del fuste con orientación norte (0.58 %), con un promedio de contracción longitudinal en el nivel medio de 0.61 % y en el ápice del fuste con orientación sur (0.50 %), que en el ápice del fuste con orientación norte (0.48 %), con un promedio de contracción longitudinal en el ápice del fuste de 0.49 %.

Obteniendo el promedio general de contracción longitudinal de *Senefeldera inclinata*. Mart de 0.57 % (Cuadro 24 y Figura 14).

La significancia ( $p > 0.05$ ), de árboles, nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación, por lo tanto se acepta la igualdad, esto indica que no existen diferencias significativas entre árboles, nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación, respecto a la contracción longitudinal (Cuadro 25).

Cuadro 25. Análisis de varianza de la contracción longitudinal de *Senefeldera inclinata*. Mart.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig.</b>
Árboles	4	0.975	0.244	1.948	0.142 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste(A)	2	0.103	0.051	0.409	0.669 <sup>ns</sup>
Orientación(B)	1	0.110	0.110	0.882	0.359 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste x Orientación	2	0.094	0.047	0.375	0.692 <sup>ns</sup>
Error experimental	20	2.504	0.125		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>3.786</b>			

CV(%): 82.63%.

\*\* : Significancia estadística (0.05 y 0.01).

ns: no presenta diferencia estadística ( $p > 0.05$ )

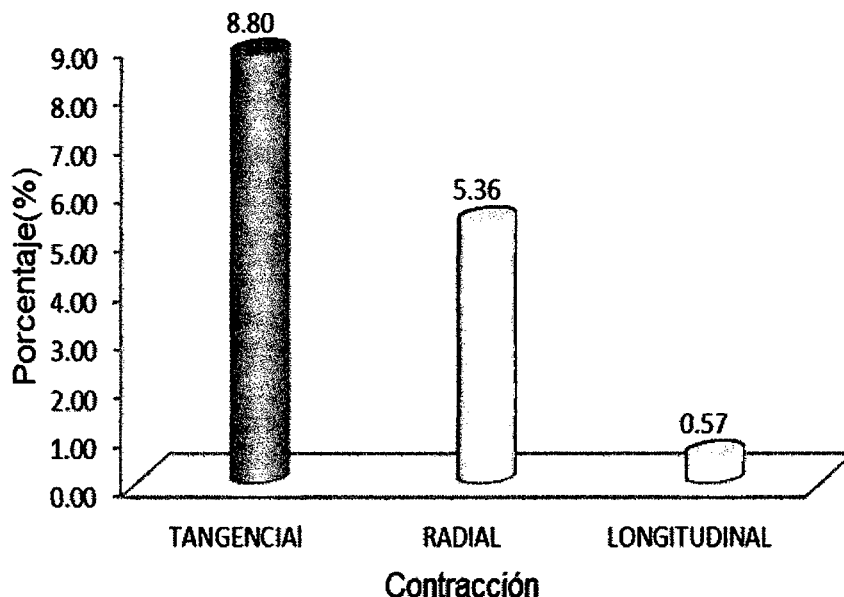


Figura 15. Cambio dimensional promedio de contracción tangencial, radial y longitudinal de *Senefeldera inclinata*. Mart.

El promedio general de la contracción longitudinal es de 0.57 %, siendo este valor despreciable en el secado de la madera, la máxima contracción, la experimentó el plano tangencial 8.80%, siendo más contráctil en relación al plano radial 5.36% (Cuadros 20, 22, 24 y Figura 15).

#### 4.3.4. Contracción volumétrica de la especie *Senefeldera inclinata*.

##### Mart

Los datos promedios de la Contracción volumétrica por nivel de fuste y orientaciones, así como los promedios totales de los niveles de fuste por orientación y el promedio general de la Contracción volumétrica respectivamente, son presentados en el (Cuadro 26).



Cuadro 26. Valores promedio de la Contracción volumétrica por nivel de fuste y orientación norte y sur de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Nivel del fuste	Orientaciones		Promedio (%)
	Norte (%)	Sur (%)	
BASE	13.50	13.63	13.57
MEDIO	12.46	13.07	12.76
APICE	12.87	13.17	13.02
<b>Promedio (%)</b>	12.94	13.29	13.12

La contracción volumétrica total de acuerdo a la interacción de niveles del fuste con la orientación. Se observa que mayor contracción volumétrica en la base del fuste con orientación sur (Figura 16).

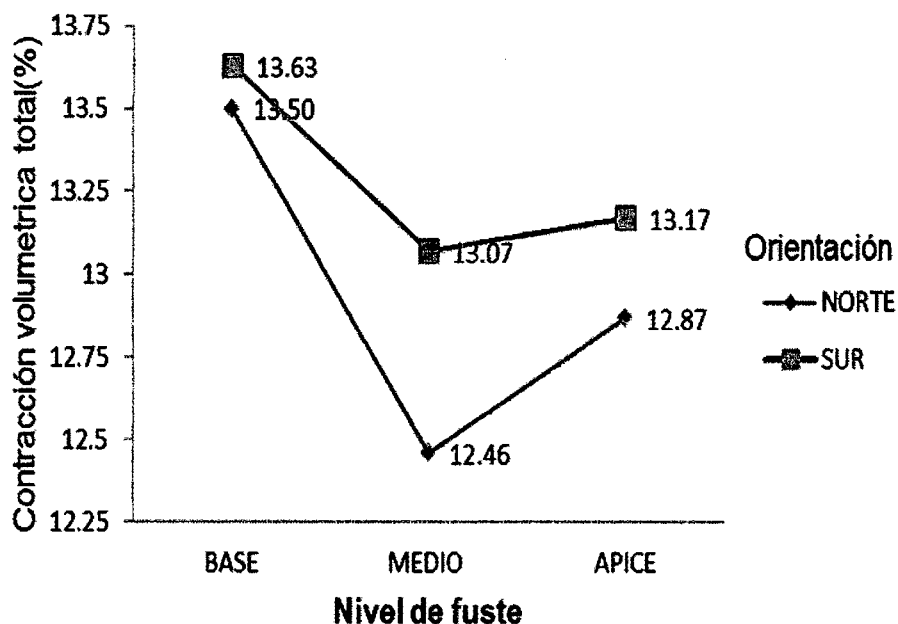


Figura 16. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de contracción volumétrica total de *Senefeldera inclinata*. Mart.

La significancia en árboles ( $p < 0.05$ ), por tanto se rechaza la igualdad entre árboles, esto indica que el efecto árbol ayudo a mejorar significativamente la precisión del experimento, respecto a la contracción volumétrica y la significancia nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación ( $p > 0.05$ ), por lo tanto se acepta la igualdad, esto indica que no existen diferencias significativas entre las entre nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación, respecto al contracción volumétrica (Cuadro 27).

Cuadro 27. Análisis de varianza de la contracción volumétrica total de *Senefeldera inclinata*. Mart.

FV	GL	SC	CM	Fv	Sig.
Árboles	4	24.031	6.008	7.521	<0.001**
Nivel de fuste(A)	2	3.368	1.684	2.108	0.148 <sup>ns</sup>
Orientación(B)	1	0.895	0.895	1.121	0.302 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste x Orientación	2	0.287	0.144	0.18	0.837 <sup>ns</sup>
Error experimental	20	15.976	0.799		
<b>Total</b>	29	44.556			

CV(%): 12.24%.

\*\* : Significancia estadística (0.05 y 0.01).

ns: no presenta diferencia estadística ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.5. Relación T/R de la especie *Senefeldera inclinata*. Mart

Los datos promedios de la relación T/R por nivel de fuste y orientaciones, así como los promedios totales de los niveles de fuste por orientación y el promedio general de la relación T/R respectivamente (Cuadro 28).

Cuadro 28. Valores promedio de la relación T/R por nivel de fuste y orientación norte y sur de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Nivel del fuste	Orientaciones		Promedio
	Norte	Sur	
BASE	1.86	1.97	1.91
MEDIO	1.79	1.58	1.68
ÁPICE	1.69	1.56	1.62
<b>Promedio</b>	<b>1.78</b>	<b>1.70</b>	<b>1.74</b>

La relación T/R de acuerdo a la interacción de niveles del fuste con la orientación. Se observa que mayor relación T/R en la base del fuste con orientación sur (Figura 17).

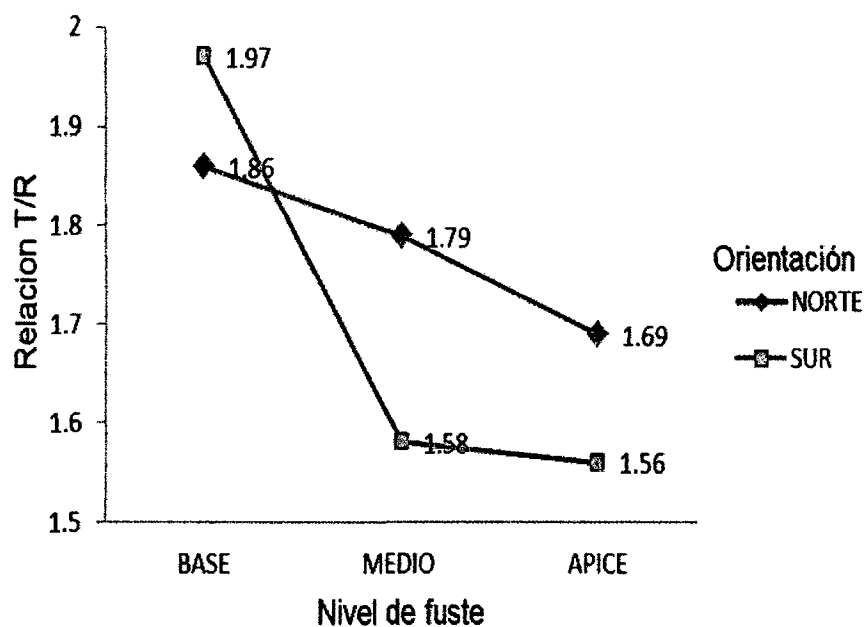


Figura 17. Interacción entre los niveles del fuste y la orientación respecto a la medias de relación de T/R de *Senefeldera inclinata*. Mart.

La significancia ( $p > 0.05$ ), de árboles, nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación, por lo tanto se acepta la igualdad, esto indica que no existen diferencias significativas entre árboles, nivel de fuste, orientación y la interacción nivel de fuste por orientación, respecto a la contracción longitudinal ( Cuadro 29).

Cuadro 29. Análisis de varianza de la relación T/R de *Senefeldera inclinata*.

Mart.

FV	GL	SC	CM	Fv	Sig.
Árboles	4	0.624	0.156	2.082	0.121 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste(A)	2	0.477	0.238	3.182	0.063 <sup>ns</sup>
Orientación(B)	1	0.042	0.042	0.558	0.464 <sup>ns</sup>
Nivel de fuste x Orientación	2	0.139	0.07	0.931	0.411 <sup>ns</sup>
Error experimental	20	1.498	0.075		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>2.780</b>			

CV(%): 28.61%.

\*\* : Significancia estadística (0.05 y 0.01).

ns: no presenta diferencia estadística ( $p > 0.05$ )

#### 4.4. Correlación de los niveles del fuste con las variables en estudio

El contenido de humedad (%) presentó correlación positiva y significativa respecto al incremento de la altura del fuste en el contenido de humedad, con un grado de acertabilidad del 34.98%.

La densidad básica (gr/cm<sup>3</sup>) presentó correlación negativa y significativa respecto al incremento de la altura del fuste en la densidad básica, con un grado de acertabilidad del 29.22%.

La densidad anhidra ( $\text{gr/cm}^3$ ) presentó correlación negativa y significativa respecto al incremento de la altura del fuste en la densidad anhidra, con un grado de acertabilidad del 24.78%.

La contracción radial (%) presentó correlación positiva y significativa respecto al incremento de la altura del fuste en la contracción radial, con un grado de acertabilidad del 21.62%.

La relación T/R presentó correlación negativa y significativa respecto al incremento de la altura del fuste en la relación T/R, con un grado de acertabilidad del 23.86%.

Cuadro 30. Correlación de los niveles del fuste con las variables en estudio.

<b>Variables</b>	<b>Coefficiente de correlación</b>	<b>Significancia</b>
Contenido de humedad (%)	0.3498	<0.001**
Densidad básica ( $\text{gr/cm}^3$ )	-0.2922	<0.001**
Densidad anhidra ( $\text{gr/cm}^3$ )	-0.2478	0.002*
Contracción radial (%)	0.2162	0.008*
Relación T/R	-0.2386	0.003*

## V. DISCUSIÓN

Los diferentes cuadros y análisis estadísticos de las propiedades físicas de *Senefeldera inclinata*. Mart, en estudio en el capítulo de resultados, permiten facilitar las discusiones correspondientes para llegar a un claro entendimiento de los objetivos planteados, para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

### 5.1. Contenido de humedad de *Senefeldera inclinata*. Mart

Los resultados obtenidos (Cuadro 9 y Figura 5) coinciden con lo que menciona GREGORIEV (1985), cuando manifiesta que el contenido de agua en el tronco de un árbol creciente varía según la altura y el radio del tronco, así como dependencia de la temporada del año, en las especies frondosas el cambio de la humedad según el diámetro es más regular. Según la altura del tronco la humedad de la albura en las especies frondosas no varía y la humedad del duramen disminuye por el tronco desde la base hacia el ápice. En los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos. La máxima cantidad de agua se contiene en la temporada de invierno (Noviembre - Febrero) y la mínima, en los meses de verano (Julio - Agosto).

En el nivel apical genera mayor contenido de humedad debido a que en este nivel hay mayor proporción de albura en relación con el nivel medio y base del fuste, por estar conformada por mayor proporción de células vivas cuya función principal es la conducción y transporte de agua y nutrientes, por lo tanto, presenta mayor contenido de humedad que en el duramen (Cuadro 11 y Figura 6). Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol. Cuando el contenido de humedad es modificado, existirán variaciones dimensionales, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera, tal como menciona PÉREZ (1983) y CUEVAS (2003).

Asimismo SOLANO (1998), PÉREZ (1983) Y CUEVAS (2003), mencionan que la albura puede aumentar más del 100% de su peso en agua. Incluso llegar a un 400% en aquellas maderas muy livianas, en consecuencia, podemos afirmar entonces que la relación agua total/materia seca leñosa, es muy variable en una pieza de madera, ya que está sujeta a influencia de varios factores entre ellos, la estructura celular y el peso específico.

TUSSET (1979) respecto al contenido de humedad nos dice que es sin duda, la propiedad que más influencia tiene sobre todas las demás propiedades. Lo que KOLLMAN (1959) y DANJOY (1972) reafirman especificando que el conocimiento del contenido de humedad es importante para su utilización de la madera ya que influye en el peso y afecta a otras propiedades como la resistencia, contracción, durabilidad, conductividad de

calor, conductividad eléctrica, permeabilidad, así como también en el preservado o resistencia al ataque de hongos e insectos (Cuadro 9 y Figura 5).

Además, según SOLANO (1998), PÉREZ (1983) y CUEVAS (2003) Las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las pesadas, la albura siempre presenta un contenido de humedad mayor que el duramen.

## 5.2. Densidad de *Senefeldera inclinata*. Mart

El promedio general de la densidad básica de *Senefeldera inclinata*. Mart es de  $0.76 \text{ gr/cm}^3$ , según la clasificación de VIZCARRA (1998), se considera una especie con densidad básica alta (Cuadro 14).

Como manifiesta ARÓSTEGUI (1982), una madera con una densidad alta es importante para el uso de parquet; una de densidad baja, como el palo balsa, como material aislante. Una de las características más sobresalientes de la madera es su baja densidad comparada con su gran resistencia mecánica, razón está que la hace un elemento muy importante en las construcciones. Las maderas tropicales son en promedio 20% a 25% más pesadas que las maderas de las zonas templadas o frías, pero la variación de la densidad es más amplia en las maderas tropicales.

La razón del uso de la densidad básica en el campo forestal es claro, porque define la relación que hay entre material seco de madera y su volumen, que es lo que se mide cuando la plantación está aún de pie. De esa



manera midiendo el volumen de madera y sabiendo su densidad básica, se conoce a cuanta madera seca corresponde, tal como menciona EDUARDO (1985). Asimismo, SOLANO (1998) indica que, las maderas livianas secan más rápido que las pesadas.

Cuanto más densa sea la madera, más difícil será secarla. El valor promedio de densidad básica numéricamente tiende a incrementarse con respecto al incremento de la edad (GRIGORIEV, 1985).

En principio se puede decir que la densidad saturada (Cuadro 12) posee parámetros mejor definidos, puesto que la densidad verde depende de las condiciones fisiológicas del árbol de acuerdo al estado fenológico en el que se encuentra. La utilización de la densidad verde son parámetros de condiciones que se dan de forma natural en el árbol verde y en la madera estacionada. Densidad verde es la que posee la madera en la planta viva, que se puede considerar que se halla con su máximo volumen. Esta forma se utiliza principalmente para los cálculos de transporte de troncos hasta los sitios de elaboración (EDUARDO, 1985).

Se observa en el Cuadro 12, 14, 16, 17, 19 y Figura 11, con respecto a la altura del fuste es mayor en la base, le sigue el medio y finalmente el ápice. Lo cual no coincide por un grupo de investigadores que han estudiado la forma en que varía esta característica a lo largo del árbol, llegando a la conclusión de que aumenta desde la base hacia la copa (TUSSET, 1979),

pero en este caso hay una variación ya que no hay incremento, sino una disminución gradual de base hacia la copa.

Como se puede notar según los resultados también merece citarse la influencia de la orientación, que se manifiesta cuando una parte es favorecida en su crecimiento por las condiciones del medio (por ejemplo, la acción del viento), como hace referencia (KOLLMAN 1959) en el *Pino silvestre* es aún más marcada la disminución de peso de norte a sur.

### **5.3. Contracción (Cambio dimensional) de *Senefeldera inclinata*. Mart**

El promedio general de la contracción longitudinal es de 0.57%, siendo este valor despreciable en el secado de la madera, la máxima contracción, la experimento el plano tangencial 8.80%, siendo más contráctil en relación al plano radial 5.36% (Cuadro 20, 22, 24 y Figura 15).

La contracción se produce, como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa amorfa y aproximarse unas a otras microfibrillas. La contracción es proporcional al descenso del contenido de humedad bajo el PSF (CUEVAS, 2003). Las diferencias entre las contracciones lineales se explican por la gran cantidad y ancho de los rayos medulares y a la orientación de las fibrillas en la pared celular y de las fibras (KOLLMAN y COTÉ, 1968), así mismo, la menor contracción en el plano radial, obedece al papel que desempeñan los radios al restringir los movimientos dimensionales en esa dirección.

La contracción longitudinal de la madera común, desde la condición verde a seca al horno fluctúa entre 0.1% y 0.9% de la dimensión verde, pero puede ser mucho más alta en madera juvenil y en madera de compresión o de tensión. En la dirección tangencial, los límites de la contracción para el secamiento desde condición verde a seca al horno son de 3.5% a 15% de la dimensión verde. Los valores comparables para la contracción radial son 2.48% a 11% (MINISTRERIO DE AGRICULTURA, 1988 y GRIGORIEV, 1985).

En otros aspectos de su estructura anatómica, la contracción depende no solo del contenido de humedad sino también de la densidad. A mayor densidad de la madera, mayor es la contracción que se puede esperar para un cambio de humedad. El resultado de la disminución de los espesores de las paredes celulares es una variación de las dimensiones del ancho y del espesor de una pieza de madera. Debido al movimiento señalado, se registra poco cambio en el largo de la célula y por lo tanto, la contracción longitudinal es insignificante. En general, las maderas pesadas se contraen más que las livianas, por ser más densas (TÉCNOLOGIA DE LA MADERA, 2005).

Se puede considerar que las maderas con mayor densidad contiene más agua higroscópica que las de menor densidad y por eso las de mayor densidad tienen mayor contracción que las de menor densidad (ARÓSTEGUI, 1982).

La madera aserrada en el sentido tangencial seca más rápido que aquella aserrada en sentido radial, debido a que los radios ayudan al movimiento del agua a través de ellos. Sin embargo tablas aserradas tangencialmente son más propensas las rajaduras y deformaciones (SOLANO, 1998).

#### **5.4. Contracción volumétrica de *Senefeldera inclinata*. Mart**

La contracción volumétrica de *Senefeldera inclinata*. Mart., es de 13.12% (Cuadro 26 y figura 16,), lo cual la coloca dentro de la clasificación de la madera según la contracción volumétrica en la clase de contracción alta de 13.1 a 15, madera en trozos con grietas medianas, pudiendo ser conservada en trozos para estivación de minas y postes (PÉREZ 1983).

Proporcionalmente como un promedio de todas las especies, la contracción en las tres direcciones principales (tangencial, radial, longitudinal) tiene una razón de 100:50:1 aproximadamente. La contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas, rajaduras y deformaciones si el secado es muy rápido (SOLANO, 1998).

#### **5.5. Relación T/R de *Senefeldera inclinata*. Mart**

Los valores encontrados en la relación de anisotropía de *Senefeldera inclinata*. Mart, es de 1.74 (Cuadro 28 y figura 17), que de acuerdo

a lo mencionado por (KOLLMANN, 1959) la relación T/R está en el rango de 1.5 a 2.5 por lo cual *Senefeldera inclinata*. Mart. (Huangana caspi) no tendrá mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado.

Asimismo la relación T/R permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988 y GRIGORIEV, 1985).

KOLLMANN (1959) la relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado. Por lo que, maderas con relación entre coeficientes  $T/R > 2$  presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería (VIGNOTE, 2000).

Mientras mayor es la relación T/R las maderas son más nervosas (ANANÍAS, 1992). Según SOLANO (1998) la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinal, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado. Si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efecto del secado serían despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución

desigual de las dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumenta las pérdidas de madera durante el proceso de secado. El valor del CED incide directamente sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto CED.

#### **5.6. Correlación de los niveles del fuste con las variables en estudio de *Senefelderia inclinata*. Mart**

Las contracciones según con la orientación norte y sur, las que tienen menor contracción es en la orientación norte y mayores en la orientación sur, esto se debe a la correlación que existe entre la densidad y contracción manifestando que las maderas con mayor densidad tienen mayor contracción que las maderas de menor densidad (AROSTEGUI 1982).

Debido a la naturaleza no homogénea de las paredes celulares de la madera así, como también, en otros aspectos de su estructura anatómica, la contracción depende no solo del contenido de humedad sino también de la densidad. A mayor densidad de la madera, mayor es la contracción que se puede esperar para un cambio de humedad. Cuando la madera inicia su secado, el agua libre se va primero y no ocurren cambios significativos en la forma o dimensiones a menos que en la especie maderera se produzca un fenómeno llamado colapso (MINISTERIO DE EDUCACIÓN PROGRAMA CHILE, 2005).

## VI. CONCLUSIONES

1. El promedio general del contenido de humedad de *Senefeldera inclinata*. Mart es de 44.75%, en donde el nivel ápice tuvo mayor contenido de humedad 46.27%, seguido del nivel medio 44.80% y el que tuvo menor contenido de humedad fue el nivel base 43.17%, y la orientación sur tuvo mayor contenido de humedad 44.80%, que la orientación norte 44.69%; en el nivel ápice existirá mayor variación dimensional en el proceso de secado y el nivel base tendrá que ser aserrado antes de su secado.
2. El promedio general de la densidad saturada de *Senefeldera inclinata*. Mart es de 1.10 gr/cm<sup>3</sup>; el promedio general de la densidad básica de *Senefeldera inclinata*. Mart es de 0.76 gr/cm<sup>3</sup> clasificándose como una madera de densidad básica alta que podrá ser utilizada en la industria maderera para la elaboración de parquet. y el promedio general de la densidad anhidra de *Senefeldera inclinata*. Mart es de 0.88 gr/cm<sup>3</sup>
3. El promedio general en el cambio dimensional de *Senefeldera inclinata*. Mart en la contracción longitudinal es 0.57%, la máxima contracción, la experimentó el plano tangencial siendo 8.8% más contráctil en relación al plano radial 5.36%, el promedio general de la contracción volumétrica de

*Senefeldera inclinata*. Mart es de 13.12% clasificándole como una madera con contracción alta y el promedio general de la relación T/R de *Senefeldera inclinata*. Mart es de 1.74, clasificándole como una madera estable. Debido a que presenta una contracción alta, Las tablas de *Senefeldera inclinata*. Mart deben ser aserradas radialmente para evitar las rajaduras y deformaciones y pueden ser utilizadas para estivación de minas y postes.

4. El contenido de humedad y la contracción radial presentaron una correlación positiva respecto a la altura del fuste; mientras que la densidad básica, la densidad anhidra y la relación T/R, presentaron una correlación negativa respecto a la altura del fuste, por eso no tendrá mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento en el proceso de secado.



## VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones en las propiedades mecánicas, para reforzar y tener más conocimiento sobre esta especie que hay en abundancia en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
2. Es necesario investigar más sobre el comportamiento de las propiedades de la madera con respecto a la edad, dado que es un factor que más influye en las propiedades físicas. Asimismo es recomendable realizar la caracterización anatómica de la madera, la cual ayudaría a reforzar los resultados que se puedan obtener.
3. Realizar los estudios de las propiedades físicas y mecánicas por estrato altitudinal para ver cómo influye los estratos altitudinales en las propiedades físicas y mecánicas en la especie de *Senefeldera inclinata*. Mart.

**DETERMINATION OF A THREE PHYSICAL PROPERTIES OF HEIGHTS  
STEM *Senefeldera inclinata*. Mart (Huangana caspi) RESERVED FOREST  
FROM NATIONAL AGRARIAN UNIVERSITY OF THE JUNGLE - Tingo María**

**VIII. ABSTRACT**

This work was performed at the National Agrarian University of the Selva, at the Workshop on Technology and Use of Laboratory of Wood and Wood Anatomy, Faculty of Renewable Natural Resources; in order to determine the physical to three heights of the shaft of *Huangana caspi* (*Senefeldera inclinata*. Mart) properties, from the Reserved Forest National Agrarian University of the Selva (BRUNAS). The provision adopted experimental design was completely randomized blocks ( DBCR ) factorial 3 x 2, with five blocks. The methodology used in this thesis, is described in the Peruvian Technical Standards on wood (NTP), which are as follows: 251 002 NTP (selection and collection of trees), NTP 251.008:1980 (sampling area selection), NTP 251.009:1980 (preparation of specimens), NTP 251.010:2004 (determination of moisture content), NTP 251.011:2004 (density determination) and NTP 251.012:2004 (determination of dimensional change). The results are: moisture content 44.75 % , 1.10 g/cm<sup>3</sup> density saturated , basic density of 0.76 g/cm<sup>3</sup>, 0.88 g/cm<sup>3</sup> density anhydrous , 8.80% tangential shrinkage , radial contraction 5.36% , 0.57 % longitudinal shrinkage , volumetric shrinkage and 13.12% T / R ratio 1.74 . This species according to the results has a high density and can be used as flooring, poles and aestivation mine, because it has high shrinkage and

no more likely to have the presence of cracks and cracks in the wood drying process.

## IX. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

- ANANÍAS, R. 1992. Física de la Madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41p.
- ARÓSTEGUI, A. 1982. Recopilación y Análisis de Estudio Tecnológico de Maderas Peruanas. Documento de trabajo N<sup>o</sup> 2 PNUD/FAO 81/002. Lima – Perú. 57 p.
- ARROYO, J. 1983. Propiedades Físico – Mecánicas de la madera, Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela. 186 p.
- CASTRO; F. 1972. Estudio Anatómico, Físico y Mecánico de 15 Especies Tropicales de Iparia. Tesis. UNAC. Huancayo. 98 p.
- COORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA. 2003. Manual para la Construcción de Vivienda en Madera. Capítulo I. Chile. 55p.
- CUEVAS, E. 2003. Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera. Material de Apoyo en Propiedades Físicas y Mecánicas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 68 p.
- DANJOY, A.W. 1972. Comparativo Altitudinal sobre Propiedades Físico – Mecánicas de una Especie Maderable de Selva Alta. UNCP. Huancayo – Perú. 95 p.
- DELGADO, R. 1981. Secado de Madera. UNALM. Lima, Perú. 164 p.

- DÍAZ, P. P. 2005. Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de Madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) Proveniente de la Zona de Cauquenes. Tesis Ing. en Industrias de la Madera. Universidad de Talca. Talca, Chile. 179 p.
- EDUARDO, C. 1985. Programa de Investigación de Celulosa y Papel. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. [EN LINEA]: (<http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc040.pdf>, 15 Mar. 2011).
- FACHIN, M.C. 1986. Estudio de las Propiedades Físico – Mecánicas y su Variación en el Tronco de la *Parkia velutina* R. Benth (pashaco curtidor), en los Bosques de la Plantación de Jenaro Herrera. Tesis Iquitos – Perú. 98 p.
- GRIGORIEV, M.A. 1985. Estudio para Materiales para Ebanistas y Carpinteros. Editorial MIR MOSCU-URSS. Rusia. 240 p.
- HERMINIO, J. 2003. Producto Regular según Conceptos de Contracciones, Contenido de Humedad, Alabeos y Grietas. Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero en Madera. Valdivia, Chile. 85 p.
- KOLLMANN, F. 1959. Descripción General y Anatómica de 105 Especies del Grupo Andino. PADT – REFORT. Colombia. 248 p.
- KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus Aplicaciones. Instituto Forestal de Investigación y Experiencias al Servicio de la madera V.1. 657 p.

- KOLLMAN, F., COTÉ. 1968 "Principles of Wood Science and Technology. Vol 1: Solid Wood". New York, USA. 592 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1988. JUNAC. Manual de Secado de las Maderas del Grupo Andino. Lima. 105 p.
- MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO PROGRAMA CHILE CALIFICA. 2005. Tecnología de la Madera.. Documento Técnico N° 1.. Gutenberg, Talca. 84 p.
- PEÑUELA, M Y JIMENEZ, R. 2010. Plantas del Centro Experimental Amazónico –CEA– Mocoa, Putumayo. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía- Corpoamazonia, Grupo de Ecología de Ecosistemas Terrestres Tropicales-Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonía. Leticia, Amazonas, Colombia. 424 p
- PÉREZ, V. 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 451 p.
- POMACHAGUA, G. 1993. Propiedades y Usos de Especies Madereras de corta Rotación. Corporación de Fomento y Producción (CORFO). Santiago, Chile. 87 p.
- PROMPEX MADERAS DEL PERÚ. 2004. [EN LINEA]: ( <http://export.promperu.gob.pe/Prompex/Documents, documentos, 15 Set. 2009>).
- REYNEL, C., PENNINGTON, R.T., PENNINGTON, T.D., FLORES, C., DAZA, A. 2003. Árboles Útiles de la Amazonía Peruana, un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. ICRAF, International center for research in Agroforestry. Editorial Breña. Lima, Perú. 510 p.

- RODRÍGUEZ, F., VILLASANTE, A. 1998. Pinus Uncinata del Pirineo de Lleida: Factores de contracción de la madera. Departamento de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Lleida. 24 p.
- SCHREWE, H. 1983. Manual de Secado de la Madera. FAO Lima, Perú 145 p.
- SIAU, J.F. 1984. Transport Processes in Wood. Springer Series. In Wood Science. Syracuse New York EUA. 245 p.
- SOLANO, O. 1998. Seminario Sobre Diseño Ingeniería y Proceso de Secado de Maderas Tropicales. Centro Nacional de la Madera, Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA". Medellín, Colombia. 45 p.
- TUSSET, P. 1979. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Montevideo Uruguay. 668 p.
- VIGNOTE, S. 2000. Tecnología de la Madera en Construcción Arquitectónica. Editorial Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 277p.
- VIZCARRA, S. 1998. Guía para el Secado de la Madera en Horno. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz, Bolivia. 64p.

**ANEXO**



Cuadro 31 del anexo 1. Valores promedio del contenido de humedad por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Árboles	Niveles del fuste	Orientaciones	Media	Desviación típica	CV (%)
1	Basal	Norte	42.22	1.20	2.85
		Sur	42.23	1.08	2.56
		Total	42.23	1.08	2.55
	Medio	Norte	44.35	2.19	4.95
		Sur	42.45	0.63	1.49
		Total	43.40	1.82	4.20
	Apical	Norte	46.41	0.95	2.04
		Sur	44.53	0.76	1.72
		Total	45.47	1.28	2.81
	Total	Norte	44.33	2.28	5.13
		Sur	43.07	1.33	3.09
		Total	43.70	1.94	4.44
2	Basal	Norte	42.45	0.79	1.87
		Sur	42.94	0.81	1.90
		Total	42.70	0.80	1.87
	Medio	Norte	44.66	1.37	3.07
		Sur	44.44	0.55	1.23
		Total	44.55	0.99	2.23
	Apical	Norte	46.21	1.14	2.47
		Sur	47.96	1.42	2.96
		Total	47.09	1.52	3.24
	Total	Norte	44.44	1.91	4.29
		Sur	45.11	2.37	5.25
		Total	44.78	2.14	4.78
3	Basal	Norte	45.45	0.72	1.59
		Sur	44.89	0.49	1.10
		Total	45.17	0.65	1.45
	Medio	Norte	48.33	0.97	2.01
		Sur	48.95	0.90	1.84
		Total	48.64	0.94	1.94
	Apical	Norte	49.79	1.56	3.14
		Sur	48.33	1.24	2.57
		Total	49.06	1.54	3.14
	Total	Norte	47.85	2.15	4.48
		Sur	47.39	2.04	4.31
		Total	47.62	2.07	4.35

		Norte	39.22	0.70	1.78
	Basal	Sur	39.34	1.97	5.00
		Total	39.28	1.39	3.55
		Norte	40.04	0.43	1.08
	Medio	Sur	39.23	0.75	1.91
		Total	39.64	0.72	1.82
4		Norte	40.99	0.71	1.74
	Apical	Sur	40.75	0.76	1.87
		Total	40.87	0.71	1.73
		Norte	40.08	0.95	2.36
	Total	Sur	39.77	1.40	3.51
		Total	39.93	1.18	2.96
<hr/>					
		Norte	44.15	0.55	1.25
	Basal	Sur	48.83	7.15	14.64
		Total	46.49	5.38	11.57
		Norte	46.55	0.82	1.76
	Medio	Sur	49.01	0.61	1.23
		Total	47.78	1.46	3.07
5		Norte	49.53	0.55	1.11
	Apical	Sur	48.19	0.28	0.59
		Total	48.86	0.81	1.67
		Norte	46.74	2.36	5.04
	Total	Sur	48.68	3.85	7.92
		Total	47.71	3.29	6.89
<hr/>					
		Norte	42.70	2.27	5.32
	Basal	Sur	43.64	4.45	10.20
		Total	43.17	3.53	8.18
		Norte	44.79	3.07	6.85
	Medio	Sur	44.82	3.92	8.74
		Total	44.80	3.48	7.77
Total		Norte	46.59	3.38	7.25
	Apical	Sur	45.95	3.15	6.85
		Total	46.27	3.25	7.02
		Norte	44.69	3.31	7.41
	Total	Sur	44.80	3.94	8.79
		Total	44.75	3.63	8.11

Cuadro 32 del anexo 2. Valores promedio de la densidad saturada por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Árboles	Niveles del fuste	Orientaciones	Media	Desviación típica	CV (%)
1	Basal	Norte	1.13	0.02	1.34
		Sur	1.12	0.01	0.89
		Total	1.13	0.01	1.26
	Medio	Norte	1.13	0.03	2.29
		Sur	1.13	0.01	0.74
		Total	1.13	0.02	1.62
	Apical	Norte	1.11	0.01	1.02
		Sur	1.10	0.02	1.65
		Total	1.11	0.02	1.37
	Total	Norte	1.13	0.02	1.73
		Sur	1.12	0.02	1.41
		Total	1.12	0.02	1.61
2	Basal	Norte	1.10	0.02	1.89
		Sur	1.08	0.02	1.40
		Total	1.09	0.02	1.67
	Medio	Norte	1.11	0.01	0.64
		Sur	1.10	0.02	1.38
		Total	1.10	0.01	1.21
	Apical	Norte	1.09	0.03	2.37
		Sur	1.11	0.01	1.10
		Total	1.10	0.02	1.94
	Total	Norte	1.10	0.02	1.80
		Sur	1.10	0.02	1.57
		Total	1.10	0.02	1.66
3	Basal	Norte	1.09	0.01	1.24
		Sur	1.06	0.01	0.84
		Total	1.08	0.02	1.47
	Medio	Norte	1.03	0.02	1.82
		Sur	1.05	0.01	1.41
		Total	1.04	0.02	1.89
	Apical	Norte	1.03	0.02	1.62
		Sur	1.03	0.02	2.21
		Total	1.03	0.02	1.83
	Total	Norte	1.05	0.03	2.90
		Sur	1.05	0.02	1.96
		Total	1.05	0.03	2.43
4	Basal	Norte	1.12	0.01	1.16

		Sur	1.13	0.03	2.29
		Total	1.13	0.02	1.74
	Medio	Norte	1.11	0.01	1.20
		Sur	1.11	0.02	1.96
		Total	1.11	0.02	1.56
	Apical	Norte	1.13	0.02	1.34
		Sur	1.11	0.01	0.64
		Total	1.12	0.02	1.50
	Total	Norte	1.12	0.02	1.37
		Sur	1.12	0.02	1.85
		Total	1.12	0.02	1.64
		Norte	1.04	0.03	3.24
	Basal	Sur	1.18	0.01	1.26
		Total	1.11	0.08	7.11
	Medio	Norte	1.09	0.02	1.66
		Sur	1.08	0.03	2.73
5		Total	1.09	0.02	2.20
	Apical	Norte	1.11	0.01	1.20
		Sur	1.06	0.03	2.56
		Total	1.09	0.04	3.37
	Total	Norte	1.08	0.04	3.75
		Sur	1.11	0.06	5.33
		Total	1.09	0.05	4.68
		Norte	1.09	0.04	3.62
	Basal	Sur	1.11	0.04	3.83
		Total	1.10	0.04	3.80
	Medio	Norte	1.10	0.04	3.59
		Sur	1.09	0.03	2.88
Total		Total	1.09	0.04	3.22
	Apical	Norte	1.10	0.04	3.51
		Sur	1.08	0.04	3.44
		Total	1.09	0.04	3.51
	Total	Norte	1.10	0.04	3.53
		Sur	1.10	0.04	3.59
		Total	1.10	0.04	3.54

Cuadro 33 del anexo 3. Valores promedio de la densidad básica por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Árboles	Niveles del fuste	Orientaciones	Media	Desviación típica	CV (%)
1	Basal	Norte	0.80	0.01	1.25
		Sur	0.79	0.01	1.45
		Total	0.79	0.01	1.58
	Medio	Norte	0.78	0.01	1.45
		Sur	0.79	0.00	0.56
		Total	0.79	0.01	1.17
	Apical	Norte	0.76	0.01	0.93
		Sur	0.76	0.01	1.44
		Total	0.76	0.01	1.15
	Total	Norte	0.78	0.02	2.46
		Sur	0.78	0.02	2.06
		Total	0.78	0.02	2.23
2	Basal	Norte	0.77	0.01	1.30
		Sur	0.76	0.01	1.61
		Total	0.77	0.01	1.54
	Medio	Norte	0.77	0.01	1.49
		Sur	0.76	0.01	1.45
		Total	0.76	0.01	1.49
	Apical	Norte	0.75	0.02	2.98
		Sur	0.75	0.01	1.12
		Total	0.75	0.02	2.13
	Total	Norte	0.76	0.02	2.23
		Sur	0.76	0.01	1.49
		Total	0.76	0.01	1.92
3	Basal	Norte	0.74	0.01	0.74
		Sur	0.74	0.01	0.74
		Total	0.74	0.01	0.90
	Medio	Norte	0.69	0.02	2.19
		Sur	0.71	0.01	1.27
		Total	0.70	0.01	1.90
	Apical	Norte	0.69	0.01	1.64
		Sur	0.69	0.01	1.64
		Total	0.69	0.01	1.55
	Total	Norte	0.71	0.03	3.74
		Sur	0.71	0.02	2.82
		Total	0.71	0.02	3.25
4	Basal	Norte	0.81	0.01	1.41

		Sur	0.81	0.01	1.51
		Total	0.81	0.01	1.41
		Norte	0.80	0.01	1.43
	Medio	Sur	0.79	0.01	1.69
		Total	0.80	0.01	1.48
		Norte	0.80	0.01	1.04
	Apical	Sur	0.79	0.00	0.57
		Total	0.80	0.01	1.22
		Norte	0.80	0.01	1.32
	Total	Sur	0.80	0.01	1.74
		Total	0.80	0.01	1.54
		Norte	0.72	0.03	3.54
	Basal	Sur	0.79	0.04	5.06
		Total	0.76	0.05	6.44
		Norte	0.74	0.02	2.04
	Medio	Sur	0.73	0.02	2.50
		Total	0.74	0.02	2.50
5		Norte	0.75	0.01	0.73
	Apical	Sur	0.71	0.02	2.63
		Total	0.73	0.02	3.16
		Norte	0.74	0.02	2.75
	Total	Sur	0.74	0.04	5.92
		Total	0.74	0.03	4.56
		Norte	0.77	0.04	4.66
	Basal	Sur	0.78	0.03	4.14
		Total	0.77	0.03	4.40
		Norte	0.76	0.04	5.10
	Medio	Sur	0.76	0.04	4.96
		Total	0.76	0.04	4.98
Total		Norte	0.75	0.04	4.93
	Apical	Sur	0.74	0.04	4.94
		Total	0.75	0.04	4.93
		Norte	0.76	0.04	4.93
	Total	Sur	0.76	0.04	5.02
		Total	0.76	0.04	4.96

Cuadro 34 del anexo 4. Valores promedio de la densidad anhidra por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Árboles	Niveles del fuste	Orientaciones	Media	Desviación típica	CV (%)
1	Basal	Norte	0.92	0.01	1.23
		Sur	0.92	0.01	1.19
		Total	0.92	0.01	1.19
	Medio	Norte	0.91	0.01	0.92
		Sur	0.92	0.02	1.66
		Total	0.91	0.01	1.35
	Apical	Norte	0.88	0.01	0.62
		Sur	0.89	0.01	1.23
		Total	0.89	0.01	1.03
	Total	Norte	0.91	0.02	2.08
		Sur	0.91	0.02	1.85
		Total	0.91	0.02	1.95
2	Basal	Norte	0.89	0.02	2.10
		Sur	0.89	0.02	2.10
		Total	0.89	0.02	1.98
	Medio	Norte	0.88	0.01	0.62
		Sur	0.88	0.01	0.95
		Total	0.88	0.01	0.76
	Apical	Norte	0.87	0.02	2.37
		Sur	0.88	0.02	2.23
		Total	0.88	0.02	2.17
	Total	Norte	0.88	0.02	1.89
		Sur	0.88	0.02	1.84
		Total	0.88	0.02	1.83
3	Basal	Norte	0.86	0.01	1.16
		Sur	0.85	0.01	1.05
		Total	0.86	0.01	1.11
	Medio	Norte	0.82	0.01	0.86
		Sur	0.81	0.02	2.20
		Total	0.82	0.01	1.65
	Apical	Norte	0.80	0.01	1.04
		Sur	0.80	0.02	1.89
		Total	0.80	0.01	1.44
	Total	Norte	0.83	0.03	3.18
		Sur	0.82	0.03	3.20
		Total	0.83	0.03	3.15
4	Basal	Norte	0.95	0.01	1.38

		Sur	0.95	0.01	1.15
		Total	0.95	0.01	1.22
	Medio	Norte	0.94	0.01	1.21
		Sur	0.95	0.02	1.73
		Total	0.95	0.01	1.43
	Apical	Norte	0.94	0.01	0.59
		Sur	0.94	0.02	1.61
		Total	0.94	0.01	1.23
	Total	Norte	0.94	0.01	1.17
		Sur	0.95	0.01	1.45
		Total	0.95	0.01	1.32
		Norte	0.83	0.02	2.25
	Basal	Sur	0.93	0.03	3.65
		Total	0.88	0.06	6.67
	Medio	Norte	0.86	0.01	1.04
		Sur	0.84	0.02	2.57
		Total	0.85	0.02	2.04
5	Apical	Norte	0.88	0.01	1.30
		Sur	0.82	0.01	1.81
		Total	0.85	0.03	3.90
	Total	Norte	0.85	0.02	2.72
		Sur	0.86	0.05	6.35
		Total	0.86	0.04	4.85
		Norte	0.89	0.05	5.10
	Basal	Sur	0.91	0.04	4.27
		Total	0.90	0.04	4.76
	Medio	Norte	0.88	0.04	5.00
		Sur	0.88	0.05	5.93
		Total	0.88	0.05	5.43
Total	Apical	Norte	0.87	0.04	5.14
		Sur	0.87	0.05	6.22
		Total	0.87	0.05	5.66
	Total	Norte	0.88	0.04	5.06
		Sur	0.89	0.05	5.79
		Total	0.88	0.05	5.42



Cuadro 35 del anexo 5. Valores promedio de la contracción tangencial por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Árboles	Niveles del fuste	Orientaciones	Media	Desviación típica	CV (%)
1	Basal	Norte	9.21	0.78	8.49
		Sur	9.35	0.81	8.66
		Total	9.28	0.75	8.12
	Medio	Norte	8.50	0.75	8.79
		Sur	7.57	1.17	15.40
		Total	8.04	1.04	13.00
	Apical	Norte	8.81	0.50	5.63
		Sur	9.25	0.62	6.72
		Total	9.03	0.58	6.41
	Total	Norte	8.84	0.70	7.95
		Sur	8.72	1.18	13.55
		Total	8.78	0.96	10.90
2	Basal	Norte	8.84	0.83	9.38
		Sur	8.39	2.30	27.47
		Total	8.62	1.65	19.15
	Medio	Norte	7.27	0.92	12.62
		Sur	8.20	2.02	24.58
		Total	7.74	1.56	20.10
	Apical	Norte	8.66	0.30	3.46
		Sur	8.09	0.67	8.23
		Total	8.37	0.57	6.84
	Total	Norte	8.26	0.99	12.04
		Sur	8.23	1.68	20.42
		Total	8.24	1.36	16.46
3	Basal	Norte	8.61	0.85	9.91
		Sur	9.18	0.29	3.12
		Total	8.89	0.67	7.55
	Medio	Norte	10.04	1.31	13.09
		Sur	7.79	1.54	19.82
		Total	8.91	1.80	20.16
	Apical	Norte	8.76	0.85	9.68
		Sur	8.48	0.55	6.50
		Total	8.62	0.69	8.00
	Total	Norte	9.13	1.16	12.70
		Sur	8.48	1.07	12.56
		Total	8.81	1.14	12.98
4	Basal	Norte	8.69	1.29	14.90

		Sur	10.02	0.71	7.11
		Total	9.36	1.21	12.92
		Norte	10.27	0.30	2.93
	Medio	Sur	10.72	1.83	17.05
		Total	10.49	1.26	11.99
		Norte	8.49	0.76	8.96
	Apical	Sur	9.15	0.13	1.42
		Total	8.82	0.62	7.04
		Norte	9.15	1.16	12.69
	Total	Sur	9.96	1.25	12.50
		Total	9.56	1.25	13.12
		Norte	8.51	1.09	12.81
	Basal	Sur	9.39	0.87	9.22
		Total	8.95	1.04	11.60
		Norte	8.62	0.76	8.86
	Medio	Sur	8.11	0.49	6.02
		Total	8.37	0.66	7.91
5		Norte	9.27	0.36	3.85
	Apical	Sur	7.92	0.36	4.48
		Total	8.59	0.78	9.13
		Norte	8.80	0.81	9.25
	Total	Sur	8.47	0.88	10.39
		Total	8.64	0.85	9.83
		Norte	8.77	0.94	10.68
	Basal	Sur	9.27	1.23	13.23
		Total	9.02	1.11	12.29
		Norte	8.94	1.37	15.38
	Medio	Sur	8.48	1.81	21.30
		Total	8.71	1.61	18.43
Total		Norte	8.80	0.60	6.86
	Apical	Sur	8.58	0.72	8.37
		Total	8.69	0.67	7.66
		Norte	8.84	1.01	11.44
	Total	Sur	8.77	1.36	15.45
		Total	8.80	1.19	13.53

Cuadro 36 del anexo 6. Valores promedio de la contracción radial por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Árboles	Niveles del fuste	Orientaciones	Media	Desviación típica	CV (%)
1	Basal	Norte	4.53	1.10	24.2
		Sur	4.90	1.08	22.0
		Total	4.72	1.04	22.1
	Medio	Norte	4.58	0.95	20.7
		Sur	6.16	0.92	15.0
		Total	5.37	1.22	22.6
	Apical	Norte	5.27	1.28	24.3
		Sur	5.33	1.18	22.1
		Total	5.30	1.16	21.9
	Total	Norte	4.79	1.09	22.8
		Sur	5.46	1.12	20.6
		Total	5.13	1.14	22.3
2	Basal	Norte	4.70	1.23	26.1
		Sur	6.37	2.48	39.0
		Total	5.53	2.05	37.0
	Medio	Norte	6.48	1.32	20.4
		Sur	5.51	0.19	3.5
		Total	5.99	1.03	17.1
	Apical	Norte	5.85	1.39	23.8
		Sur	6.17	0.65	10.6
		Total	6.01	1.04	17.3
	Total	Norte	5.68	1.44	25.3
		Sur	6.02	1.43	23.7
		Total	5.85	1.42	24.3
3	Basal	Norte	4.68	1.07	22.9
		Sur	4.78	0.68	14.2
		Total	4.73	0.85	18.0
	Medio	Norte	5.14	0.66	12.9
		Sur	4.87	1.08	22.1
		Total	5.01	0.86	17.1
	Apical	Norte	4.93	1.60	32.5
		Sur	4.77	1.39	29.1
		Total	4.85	1.42	29.2
	Total	Norte	4.92	1.11	22.5
		Sur	4.81	1.01	21.0
		Total	4.86	1.04	21.4
4	Basal	Norte	6.44	1.40	21.7

		Sur	5.12	0.79	15.3
		Total	5.78	1.27	22.0
	Medio	Norte	5.38	0.74	13.7
		Sur	5.43	0.93	17.1
		Total	5.40	0.79	14.6
	Apical	Norte	5.70	0.94	16.4
		Sur	7.77	0.96	12.4
		Total	6.74	1.41	21.0
	Total	Norte	5.84	1.08	18.6
		Sur	6.11	1.48	24.2
		Total	5.97	1.28	21.5
		Norte	4.81	0.56	11.7
	Basal	Sur	3.90	0.60	15.5
		Total	4.36	0.73	16.8
	Medio	Norte	4.64	1.00	21.5
		Sur	5.51	0.66	12.0
		Total	5.08	0.92	18.2
5	Apical	Norte	5.92	0.31	5.2
		Sur	5.12	1.18	23.1
		Total	5.52	0.92	16.6
	Total	Norte	5.12	0.87	16.9
		Sur	4.84	1.07	22.0
		Total	4.98	0.96	19.4
		Norte	5.03	1.24	24.7
	Basal	Sur	5.01	1.46	29.0
		Total	5.02	1.34	26.7
	Medio	Norte	5.24	1.12	21.4
		Sur	5.50	0.86	15.6
		Total	5.37	1.00	18.6
Total	Apical	Norte	5.54	1.16	20.9
		Sur	5.83	1.49	25.5
		Total	5.68	1.33	23.4
	Total	Norte	5.27	1.18	22.3
		Sur	5.45	1.33	24.3
		Total	5.36	1.25	23.4

Cuadro 37 del anexo 7. Valores promedio de la contracción longitudinal por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Árboles	Niveles del fuste	Orientaciones	Media	Desviación típica	CV (%)
1	Basal	Norte	0.38	0.23	62.45
		Sur	0.24	0.15	64.71
		Total	0.31	0.20	65.42
	Medio	Norte	0.60	0.20	33.15
		Sur	0.49	0.24	48.97
		Total	0.54	0.22	39.62
	Apical	Norte	0.37	0.13	35.00
		Sur	0.27	0.08	29.07
		Total	0.32	0.12	36.11
	Total	Norte	0.45	0.21	46.61
		Sur	0.33	0.20	58.94
		Total	0.39	0.21	53.26
2	Basal	Norte	0.35	0.11	31.60
		Sur	0.65	0.39	60.04
		Total	0.50	0.32	62.67
	Medio	Norte	0.55	0.21	38.00
		Sur	0.44	0.06	13.74
		Total	0.50	0.16	31.91
	Apical	Norte	0.54	0.40	73.69
		Sur	0.77	0.43	56.64
		Total	0.65	0.41	62.81
	Total	Norte	0.48	0.27	55.10
		Sur	0.62	0.34	55.63
		Total	0.55	0.31	56.34
3	Basal	Norte	0.73	0.40	54.71
		Sur	0.41	0.08	18.20
		Total	0.57	0.32	55.82
	Medio	Norte	0.85	0.52	60.83
		Sur	0.98	0.57	57.98
		Total	0.92	0.52	56.42
	Apical	Norte	0.43	0.19	43.63
		Sur	0.76	0.75	98.86
		Total	0.59	0.54	91.16
	Total	Norte	0.67	0.41	60.71
		Sur	0.72	0.56	77.86
		Total	0.69	0.48	69.21
4	Basal	Norte	0.27	0.16	60.80

		Sur	0.27	0.21	79.86
		Total	0.27	0.18	66.79
	Medio	Norte	0.52	0.24	45.38
		Sur	0.42	0.24	57.51
		Total	0.47	0.23	49.32
	Apical	Norte	0.43	0.13	28.98
		Sur	0.30	0.13	44.26
		Total	0.37	0.14	38.15
	Total	Norte	0.41	0.20	48.93
		Sur	0.33	0.20	60.00
		Total	0.37	0.20	54.07
5	Basal	Norte	0.62	0.47	76.94
		Sur	2.17	0.64	29.59
		Total	1.39	0.97	70.06
	Medio	Norte	0.37	0.29	78.92
		Sur	0.90	0.56	62.33
		Total	0.63	0.50	79.83
	Apical	Norte	0.60	0.35	57.77
		Sur	0.40	0.18	45.81
		Total	0.50	0.28	56.23
	Total	Norte	0.53	0.37	70.02
		Sur	1.15	0.90	77.83
		Total	0.84	0.75	88.78
Total	Basal	Norte	0.47	0.33	71.30
		Sur	0.75	0.81	108.10
		Total	0.61	0.63	103.21
	Medio	Norte	0.58	0.33	56.82
		Sur	0.64	0.43	67.13
		Total	0.61	0.38	62.39
	Apical	Norte	0.48	0.25	53.54
		Sur	0.50	0.43	85.97
		Total	0.49	0.35	71.68
	Total	Norte	0.51	0.31	60.68
		Sur	0.63	0.59	92.91
		Total	0.57	0.47	82.63

Cuadro 38 del anexo 8. Valores promedio de la contracción volumétrica por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de *Senefeldera inclinata*. Mart.

Árboles	Niveles del fuste	Orientaciones	Media	Desviación típica	CV (%)
1	Basal	Norte	13.29	0.51	3.82
		Sur	13.42	0.35	2.62
		Total	13.36	0.42	3.13
	Medio	Norte	11.18	3.73	33.33
		Sur	13.43	0.42	3.10
		Total	12.31	2.77	22.49
	Apical	Norte	12.36	0.23	1.88
		Sur	13.01	0.34	2.59
		Total	12.69	0.44	3.45
	Total	Norte	12.28	2.20	17.95
		Sur	13.29	0.40	3.00
		Total	12.78	1.64	12.82
2	Basal	Norte	13.44	0.61	4.53
		Sur	12.99	0.20	1.55
		Total	13.21	0.49	3.69
	Medio	Norte	13.48	0.41	3.05
		Sur	13.25	0.30	2.26
		Total	13.37	0.36	2.69
	Apical	Norte	13.14	0.94	7.16
		Sur	14.11	0.66	4.68
		Total	13.63	0.92	6.76
	Total	Norte	13.35	0.66	4.92
		Sur	13.45	0.64	4.74
		Total	13.40	0.64	4.76
3	Basal	Norte	12.69	1.22	9.59
		Sur	12.60	0.61	4.86
		Total	12.65	0.91	7.19
	Medio	Norte	12.46	0.69	5.53
		Sur	11.24	2.23	19.81
		Total	11.85	1.68	14.20
	Apical	Norte	11.56	1.40	12.12
		Sur	11.78	0.52	4.41
		Total	11.67	1.00	8.59
	Total	Norte	12.24	1.17	9.58
		Sur	11.87	1.39	11.72
		Total	12.06	1.28	10.60
4	Basal	Norte	16.12	0.69	4.29

		Sur	14.25	1.95	13.66
		Total	15.18	1.69	11.14
	Medio	Norte	14.64	0.94	6.42
		Sur	15.13	0.30	1.95
		Total	14.89	0.71	4.74
	Apical	Norte	13.94	0.90	6.45
		Sur	14.04	0.82	5.85
		Total	13.99	0.81	5.81
	Total	Norte	14.90	1.22	8.22
		Sur	14.47	1.24	8.58
		Total	14.69	1.23	8.38
		Norte	11.96	1.31	10.95
	Basal	Sur	14.89	1.14	7.63
		Total	13.43	1.93	14.36
	Medio	Norte	10.55	0.94	8.92
		Sur	12.28	1.41	11.50
		Total	11.41	1.45	12.73
5	Apical	Norte	13.32	1.15	8.66
		Sur	12.89	0.50	3.87
		Total	13.11	0.87	6.63
	Total	Norte	11.94	1.58	13.23
		Sur	13.35	1.53	11.47
		Total	12.65	1.69	13.35
		Norte	13.50	1.67	12.35
	Basal	Sur	13.63	1.29	9.47
		Total	13.57	1.48	10.89
	Medio	Norte	12.46	2.24	18.00
		Sur	13.07	1.72	13.19
		Total	12.76	2.00	15.69
Total	Apical	Norte	12.87	1.24	9.67
		Sur	13.17	1.03	7.79
		Total	13.02	1.14	8.75
	Total	Norte	12.94	1.79	13.87
		Sur	13.29	1.38	10.39
		Total	13.12	1.61	12.24



Cuadro 39 del anexo 9. Valores promedio de la relación T/R por nivel de fuste y orientación norte y sur de los 5 árboles de *Senefeldera inclinata*.

Mart.

Árboles	Niveles del fuste	Orientaciones	Media	Desviación típica	CV (%)
1	Basal	Norte	2.15	0.66	30.48
		Sur	1.98	0.42	21.08
		Total	2.07	0.53	25.48
	Medio	Norte	1.92	0.40	20.61
		Sur	1.24	0.19	15.49
		Total	1.58	0.46	29.26
	Apical	Norte	1.78	0.57	32.02
		Sur	1.79	0.33	18.62
		Total	1.79	0.44	24.65
	Total	Norte	1.95	0.53	27.42
		Sur	1.67	0.44	26.60
		Total	1.81	0.50	27.81
2	Basal	Norte	1.98	0.50	25.17
		Sur	1.48	0.68	45.94
		Total	1.73	0.62	35.91
	Medio	Norte	1.16	0.29	25.01
		Sur	1.49	0.36	24.30
		Total	1.33	0.35	26.62
	Apical	Norte	1.55	0.42	26.92
		Sur	1.32	0.19	14.42
		Total	1.44	0.33	22.95
	Total	Norte	1.57	0.51	32.79
		Sur	1.43	0.43	30.13
		Total	1.50	0.47	31.44
3	Basal	Norte	1.97	0.74	37.32
		Sur	1.95	0.31	16.02
		Total	1.96	0.53	27.16
	Medio	Norte	1.98	0.37	18.97
		Sur	1.69	0.59	34.65
		Total	1.84	0.49	26.57
	Apical	Norte	2.02	0.95	47.15
		Sur	1.89	0.51	27.21
		Total	1.95	0.72	37.09
	Total	Norte	1.99	0.67	33.88
		Sur	1.84	0.46	25.12
		Total	1.92	0.57	29.89
4	Basal	Norte	1.43	0.48	33.44

		Sur	1.98	0.20	10.16
		Total	1.70	0.45	26.48
		Norte	1.94	0.30	15.62
	Medio	Sur	1.98	0.23	11.51
		Total	1.96	0.25	12.94
		Norte	1.51	0.22	14.76
	Apical	Sur	1.19	0.13	11.24
		Total	1.35	0.24	17.91
		Norte	1.63	0.40	24.60
	Total	Sur	1.72	0.42	24.74
		Total	1.67	0.41	24.41
		Norte	1.77	0.21	11.90
	Basal	Sur	2.46	0.46	18.74
		Total	2.12	0.49	23.35
		Norte	1.93	0.40	21.00
	Medio	Sur	1.48	0.15	10.29
		Total	1.71	0.37	21.83
5		Norte	1.57	0.07	4.15
	Apical	Sur	1.63	0.43	26.23
		Total	1.60	0.29	18.09
		Norte	1.76	0.29	16.47
	Total	Sur	1.86	0.56	30.37
		Total	1.81	0.44	24.52
		Norte	1.86	0.56	30.03
	Basal	Sur	1.97	0.51	26.13
		Total	1.91	0.53	27.91
		Norte	1.79	0.46	25.50
	Medio	Sur	1.58	0.40	25.56
		Total	1.68	0.44	26.07
Total		Norte	1.69	0.53	31.42
	Apical	Sur	1.56	0.42	26.87
		Total	1.62	0.48	29.37
		Norte	1.78	0.51	28.94
	Total	Sur	1.70	0.48	28.25
		Total	1.74	0.50	28.61

Cuadro 40 del anexo 10. Ficha de evaluación por día del peso (gr) de la especie

*Senefeldera inclinata*. Mart.

CODIGO/DIA	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1AN2	99.7	99.4	95.2	90.9	69.3	68.2	68.2	68.1	68.1	68.1	68.1
1AN3	101.8	101.7	94.8	91.6	70.8	69.8	69.8	69.6	69.5	69.5	69.5
1AN4	102.4	102.2	95.7	92.5	70.9	69.9	69.6	69.4	69.3	69.3	69.3
1AN5	101.7	101.6	98.5	92	70.8	69.9	69.8	69.7	69.5	69.5	69.5
1AN6	100.4	100.3	92.2	89.7	70.2	69.4	69.3	69.2	69.2	69.2	69.2
1AS2	99.5	99.8	87.8	83.0	70.04	68.2	68.6	68.4	68.4	68.4	68.4
1AS3	99.1	99.2	84.7	81.2	70.1	69.1	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9
1AS4	99.1	99.1	95.9	91.8	70.1	69	68.6	68.5	68.4	68.4	68.4
1AS5	99.2	98.8	96.5	90.9	70	68.6	68.7	68.6	68.5	68.5	68.5
1AS6	99.7	98.8	96.3	90.8	70.7	69.6	69.5	69.4	69.4	69.4	69.4
1MN1	100.3	100.3	95.7	91.4	71	69.6	69.6	69.5	69.5	69.5	69.5
1MN2	99.8	98.8	95.7	91.3	72	70.6	70.2	70.2	70.2	70.2	70.2
1MN3	103.5	104	90.5	89.5	72.8	71.5	71.4	71.3	71.2	71.2	71.2
1MN4	105	105.1	101.6	93.2	74.2	62.1	71.4	71.3	71.2	71.2	71.2
1MN5	102.4	101.4	95.9	92.6	73.3	72	72.1	72	71.9	71.9	71.9
1MS1	102.1	101.4	96.8	91.6	73.8	72.1	72	71.9	71.9	71.9	71.9
1MS2	101.5	100.8	96.5	91.6	73.5	71.8	71.6	71.4	71.4	71.4	71.4
1MS3	101.3	100.1	96.0	91.8	73.0	71.4	70.8	70.7	70.7	70.7	70.7
1MS4	101.7	100	88.1	87.5	73.4	72.3	71.8	71.7	71.7	71.7	71.7
1MS5	101.5	100	93.2	90.4	72.5	71.1	71.1	71.0	71.0	71.0	71.0
1BN1	100.1	99.7	95.3	93.1	73.9	72	71.5	71.4	71.2	71.2	71.2
1BN2	100.8	99.4	96.8	90.2	73.8	71.5	71.3	71.1	71.0	71.0	71.0
1BN3	100.9	99	95.1	89.5	72.9	71.7	71.3	71.2	71.1	71.1	71.1
1BN4	100.8	100.8	96.4	90.1	73.1	71.4	70.9	70.8	70.6	70.6	70.6
1BN7	101.7	101.1	96.7	93.2	71.8	71.3	70.9	70.8	70.7	70.7	70.7
1BS1	101.4	101.5	96.3	92.7	74.4	72.7	72.1	72.1	71.8	71.8	71.8
1BS2	100.4	99.2	93.6	87	73.5	71.7	71.3	71.2	71.1	71.1	71.1
1BS5	101.2	102.3	96.5	89.0	72.0	71.4	71.0	70.9	70.7	70.7	70.7
1BS6	100.7	101.4	99.0	93.7	72.9	71.3	71.0	71.0	70.9	70.9	70.9
1BS8	99.2	99.7	97.0	94.8	70.8	69.9	69.4	69.3	69.1	69.1	69.1
2AN2	98.2	98.7	96.7	87.7	68	66.6	66.5	66.5	66.4	66.4	66.4
2AN3	98.5	99.1	91.8	86	68.9	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5
2AN4	98.2	98.5	94.6	86.9	68.8	67.7	67.4	67.3	67.2	67.2	67.2
2AN5	95.8	96.1	94.4	82.8	61.3	66.4	66.4	66.2	66.2	66.2	66.2
2AN6	97.5	97.7	93.7	85.6	67.5	66.9	66.8	66.7	66.6	66.6	66.6
2AS1	100.6	96.7	95.0	94.0	70.7	69.6	69.1	69.0	68.9	68.9	68.9
2AS2	99.3	97.9	97.0	94.3	70.2	68.2	67.7	67.5	67.5	67.5	67.5

<b>2AS3</b>	99.4	97.1	93.9	89.4	69.0	67.1	66.8	66.6	66.6	66.6	66.6
<b>2AS4</b>	98.5	98.0	96.4	85.3	68.8	67.3	66.8	66.6	66.5	66.5	66.5
<b>2AS5</b>	98.1	97.7	91.1	88.7	68.9	65.8	65.9	65.8	65.7	65.7	65.7
<b>2MN1</b>	99.6	98.6	97.5	90.1	71.2	70.1	70.0	69.8	69.8	69.8	69.8
<b>2MN2</b>	99.8	98.8	93.2	88.7	70.7	69.8	69.5	69.4	69.3	69.3	69.3
<b>2MN3</b>	99.9	100.5	96.8	92.3	70.3	69.6	69.2	69.0	69.0	69.0	69.0
<b>2MN5</b>	100.2	100.5	97.6	93.1	70.3	69.1	68.9	68.6	68.6	68.6	68.6
<b>2MN6</b>	98.4	98.7	88.8	85.6	69.6	68.1	67.7	67.6	67.5	67.5	67.5
<b>2MS4</b>	97.5	96.3	92.4	89.2	69.4	68.5	68	67.9	67.9	67.9	67.9
<b>2MS5</b>	98.3	97.5	88.0	88.2	69.1	68.7	68.4	68.2	68.0	68.0	68.0
<b>2MS6</b>	99.1	99.2	92.1	89.2	70.1	69.3	68.9	68.8	68.7	68.7	68.7
<b>2MS7</b>	99.1	94.8	96.8	89.7	70	68.8	68.7	68.5	68.4	68.4	68.4
<b>2MS8</b>	98.4	98.7	94.7	91.0	89.5	68.3	68.1	68.1	67.9	67.9	67.9
<b>2BN3</b>	96.0	96.3	93.0	90.0	68.9	68.3	68.0	67.9	67.7	67.7	67.7
<b>2BN4</b>	96.2	94.7	94.5	88.6	69.0	68.3	68.1	68.0	67.9	67.9	67.9
<b>2BN6</b>	98.6	99.0	96.7	91.3	69.8	69.5	69.0	68.8	68.7	68.7	68.7
<b>2BN7</b>	98.4	99.4	94.6	90.1	69.9	69.6	69.1	69.0	68.8	68.8	68.8
<b>2BN8</b>	97.3	98.1	93.9	88.7	69.5	68.5	68.7	68.6	68.4	68.4	68.4
<b>2BS3</b>	98.8	99.4	92.4	88.9	70.8	69.9	69.5	69.2	69.2	69.2	69.2
<b>2BS4</b>	98.9	99.3	96.4	86.5	70.7	70.1	69.7	69.6	69.6	69.6	69.6
<b>2BS6</b>	99.2	99.7	97.1	91.7	70.5	69.6	69.3	69.2	69.2	69.2	69.2
<b>2BS7</b>	98.5	96.4	89.3	87.5	70.0	69.6	69.4	69.2	69.2	69.2	69.2
<b>2BS8</b>	99.3	98.1	95.7	94.3	71.1	69.7	69.2	69.0	68.9	68.9	68.9
<b>3AN1</b>	92.1	93.5	88.0	82.3	63.5	62.7	62.6	62.6	62.5	62.5	62.5
<b>3AN2</b>	93.4	94.5	89.0	79.9	63.8	63.2	62.7	62.6	62.6	62.6	62.6
<b>3AN3</b>	95.8	96.8	94.2	87.2	64.9	64.1	63.8	63.8	63.7	63.7	63.7
<b>3AN4</b>	96.1	96.7	91.1	85.6	65.8	64.4	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8
<b>3AN5</b>	94.9	94.9	89.9	82.0	63.9	62.9	62.7	62.7	62.7	62.7	62.7
<b>3AS1</b>	92.9	90.0	88.6	79.5	64.2	63.8	63.6	63.5	63.5	63.5	63.5
<b>3AS2</b>	94.3	94.2	86.2	77.5	64.7	63.8	63.6	63.5	63.5	63.5	63.5
<b>3AS4</b>	94.3	94.3	85.8	80.1	64.6	63.7	63.6	63.6	63.6	63.6	63.6
<b>3AS5</b>	93.1	93.2	91.0	85.3	64.4	63.0	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
<b>3AS7</b>	94.1	94.0	88.9	82.8	64.3	63.3	63.1	63.0	62.9	62.9	62.9
<b>3MN3</b>	96.8	96.5	95.1	84.9	66.8	65.5	65.0	65.0	64.9	64.9	64.9
<b>3MN4</b>	94.9	94.5	89.3	79.7	65	64.4	64.3	64.1	64.1	64.1	64.1
<b>3MN7</b>	93.9	91.9	86.2	83.9	64.5	63.9	63.4	63.3	63.2	63.2	63.2
<b>3MN8</b>	97.5	92.9	90.7	90.7	67.5	66.0	65.5	65.5	65.4	65.4	65.4
<b>3MN9</b>	93.5	92.9	90.6	84.1	66.0	64.2	63.9	63.9	63.7	63.7	63.7
<b>3MS2</b>	96.1	95.6	91.5	82.9	66.0	64.5	64.0	64.0	63.9	63.9	63.9
<b>3MS4</b>	95.9	94.4	92.2	85.9	65.9	65.5	65.0	64.9	64.8	64.8	64.8
<b>3MS5</b>	96.8	97.0	92.1	90.0	67.3	65.5	65.1	65.1	65.0	65.0	65.0
<b>3MS6</b>	96.4	96.4	91.3	85.0	65.6	64.9	64.7	64.7	64.7	64.7	64.7
<b>3MS8</b>	97.1	97.2	86.9	89.4	67.9	65.9	65.5	65.5	65.4	65.4	65.4

3BN2	98.3	97.9	92.8	88.5	69.4	68.6	68.1	67.9	67.9	67.9	67.9
3BN3	98.4	96.8	94.6	82.8	69.7	68.7	68.2	68.2	68.0	68.0	68.0
3BN7	98.6	99.0	93.5	88.9	69.1	68.0	68.0	67.9	67.8	67.8	67.8
3BN8	98.5	96.8	94.9	84.3	68.5	67.8	67.5	67.4	67.3	67.3	67.3
3BN9	99.4	98.7	94.8	91.8	70.2	68.5	68.3	68.2	68.1	68.1	68.1
3BS4	96.2	96.5	88.1	85.3	68.6	66.7	66.5	66.4	66.3	66.3	66.3
3BS5	97.1	97.3	93.4	89.0	68.1	67.1	67.0	66.9	66.8	66.8	66.8
3BS6	97.9	97.2	94.8	89.1	69.2	67.9	67.5	67.4	67.4	67.4	67.4
3BS7	96.8	97.1	90.1	86.2	69.2	67.8	67.3	67.2	67.1	67.1	67.1
3BS8	96.5	97.1	94.6	88.5	67.8	67.1	67.0	66.9	66.8	66.8	66.8
4AN1	103.1	101.4	96.9	93.1	74.3	73.1	72.8	72.8	72.7	72.7	72.7
4AN2	102.1	100.8	97.0	90.5	74.9	73.5	72.8	72.8	72.8	72.8	72.8
4AN6	104.7	104.9	94.1	91.6	75.9	74.7	74.7	74.3	74.2	74.2	74.2
4AN7	104.0	98.7	96.0	92.2	75.4	74.2	73.7	73.5	73.5	73.5	73.5
4AN8	103.8	102.5	101.5	92.0	75.9	74.6	74.3	74.0	74.0	74.0	74.0
4AS1	101.9	102.4	101.2	91.3	74.1	72.8	72.7	72.6	72.5	72.5	72.5
4AS3	102.5	98.4	91.5	89.5	73.8	72.7	72.7	72.5	72.4	72.4	72.4
4AS4	103.1	102.1	98.5	94.9	74.7	74.2	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8
4AS5	103.0	102.9	97.6	91	75.2	74.0	73.4	73.3	73.3	73.3	73.3
4AS7	103.8	104.2	100.25	93	75.2	73.9	73.4	73.4	73.4	73.4	73.4
4MN4	102.9	103.1	95.1	90.0	74.9	74.0	73.8	73.6	73.5	73.5	73.5
4MN5	103.6	103.8	95.4	92.1	76.6	74.9	74.5	74.3	74.2	74.2	74.2
4MN7	101.5	101.7	88.4	87.2	73.8	73.1	72.8	72.6	72.6	72.6	72.6
4MN8	101.1	101.2	98.8	94.8	63.5	72.4	72.3	72.2	72.2	72.2	72.2
4MN13	103.6	103.3	101.5	94.1	74.8	73.9	73.8	73.7	73.6	73.6	73.6
4MS10	101.6	101.9	95.4	92.4	74.6	73.3	72.8	72.6	72.6	72.6	72.6
4MS12	103.1	103	92.7	90.0	75.2	74.1	73.9	73.8	73.8	73.8	73.8
4MS13	102.6	101.2	99.1	94.9	66.3	74.4	74.4	74.1	74.1	74.1	74.1
4MS15	102.8	102	89.1	88.4	75.1	74	73.9	73.8	73.6	73.6	73.6
4MS16	101.7	101.6	98.0	93.6	75.6	74.2	73.7	73.5	73.5	73.5	73.5
4BN6	103.9	102.6	92.4	93.5	76.3	74.9	74.8	74.6	74.6	74.6	74.6
4BN7	102.6	102.5	100.0	91.2	76.1	75.1	74.5	74.4	74.3	74.3	74.3
4BN8	100.1	99.5	95.6	89.9	74.2	72.7	72	71.9	71.9	71.9	71.9
4BN9	99.8	98.3	93.4	86.7	73	71.5	71.4	71.3	71.3	71.3	71.3
4BN10	101.3	101.7	94.9	90.3	74.2	72.8	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6
4BS6	102.4	102.5	99.7	96.2	73.5	72.8	72.5	72.4	72.3	72.3	72.3
4BS7	103.4	102.8	99.4	93.2	76.5	74.1	73.7	73.5	73.5	73.5	73.5
4BS8	101.2	101.3	98.5	91.1	75.7	74.2	73.4	73.3	73.4	73.4	73.4
4BS9	103.2	102.3	99.1	94.2	76.1	74.7	74.2	73.9	73.9	73.9	73.9
4BS14	99.9	99.1	97.3	92.7	74.6	73.3	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0
5AN1	103	102.4	97.6	92.1	79.2	68.7	68.7	68.6	68.5	68.5	68.5
5AN2	101.8	102.2	99.2	91.9	69.7	68.2	68.2	68.2	68.1	68.1	68.1
5AN4	100	98.6	96.2	89.5	68.2	67.2	67.1	67.0	66.9	66.9	66.9

<b>5AN5</b>	100.3	100.8	94.8	88.5	69.2	67.9	67.8	67.7	67.4	67.4	67.4
<b>5AN6</b>	102.4	102.5	99.8	93.9	69.8	69.0	68.8	68.6	68.5	68.5	68.5
<b>5AS1</b>	94.4	94.7	83.7	81.7	64.9	63.7	63.6	63.5	63.5	63.5	63.5
<b>5AS2</b>	94.4	96.0	91.8	86.9	65.5	64.1	63.9	63.9	63.8	63.8	63.8
<b>5AS3</b>	99.7	100.3	93.9	87.3	68.9	67.6	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3
<b>5AS4</b>	96.2	96.4	94.0	89.4	66.5	65.3	65.2	65.1	64.9	64.9	64.9
<b>5AS5</b>	95.3	94.8	86.5	85.2	66.2	65.0	64.6	64.5	64.4	64.4	64.4
<b>5MN1</b>	97.2	97.2	85.7	82.9	68.0	67.1	67.0	66.8	66.8	66.8	66.8
<b>5MN2</b>	99.1	99.2	96.1	91.5	68.8	67.5	67.6	67.4	67.4	67.4	67.4
<b>5MN3</b>	100.1	98.7	95.1	92.5	69.1	68.5	68.3	68.1	68.1	68.1	68.1
<b>5MN4</b>	100.8	99.7	88.9	85.1	69.5	68.5	68.5	68.4	68.4	68.4	68.4
<b>5MN6</b>	101.5	101.5	99.7	90.3	71.0	69.7	69.7	69.6	69.6	69.6	69.6
<b>5MS1</b>	94.1	91.9	86.0	81.6	65.3	64.0	63.8	63.7	63.6	63.6	63.6
<b>5MS2</b>	98.7	96.4	90.7	87.9	67.4	66.3	66.2	66.1	66.1	66.1	66.1
<b>5MS3</b>	98.7	97.3	92.8	85.7	67.7	66.7	66.4	66.3	66.2	66.2	66.2
<b>5MS4</b>	100.4	99.1	96.7	91.6	68.0	67.5	67.5	67.3	67.3	67.3	67.3
<b>5MS5</b>	102.4	101.9	96.5	95.4	71.8	69.4	68.8	68.6	68.5	68.5	68.5
<b>5BN1</b>	93.1	91.1	88.1	85.4	65.7	64.7	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5
<b>5BN3</b>	95.5	95.4	91.4	86.1	67.4	66.3	66.3	66.1	66.1	66.1	66.1
<b>5BN5</b>	95.9	95.5	90.9	83.7	67.8	66.8	66.7	66.5	66.5	66.5	66.5
<b>5BN7</b>	97.8	97.7	95.7	88.9	69.3	68.6	68.5	68.4	68.3	68.3	68.3
<b>5BN8</b>	95.1	94.7	92.2	79.7	67.3	66.5	66	65.9	65.8	65.8	65.8
<b>5BS1</b>	108.6	109.1	105.7	96.5	74.6	72.0	71.6	71.4	71.3	71.3	71.3
<b>5BS2</b>	107.7	106.5	95.3	93.0	72.0	71.0	70.0	70.0	70.0	79.0	79.0
<b>5BS4</b>	110	110.4	105.9	100.5	74.1	72.5	72.1	72.0	72.0	72.0	72.0
<b>5BS7</b>	108.2	109.3	105.2	97.6	73	74.3	71.1	71	70.9	70.9	70.9
<b>5BS8</b>	106.1	106.1	101.4	94.5	71.9	71.1	70.8	70.6	70.6	70.6	70.6

## Anexo 11. Galería de fotos

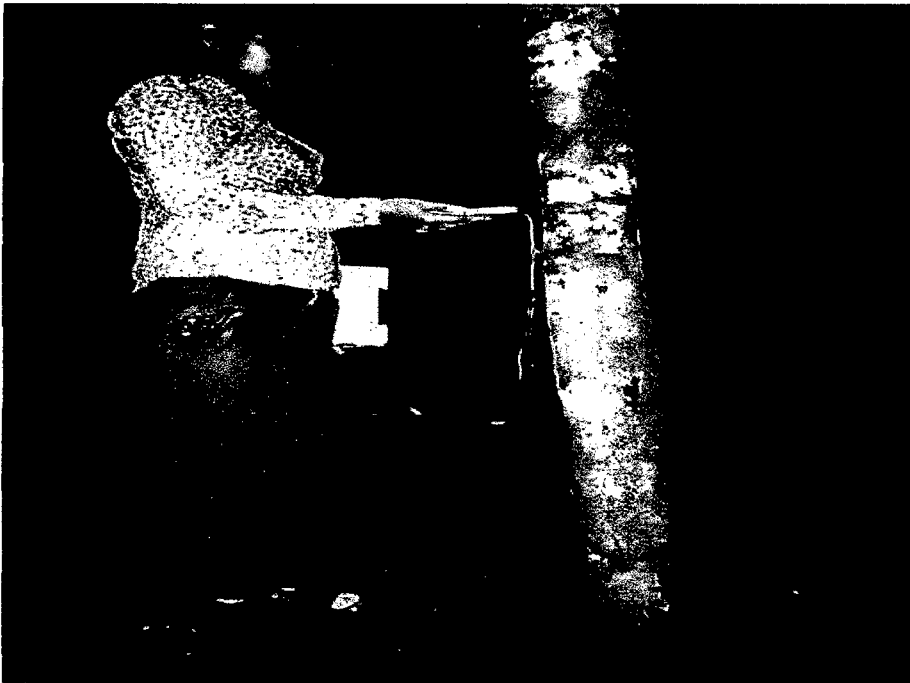


Figura 18. Selección de árboles

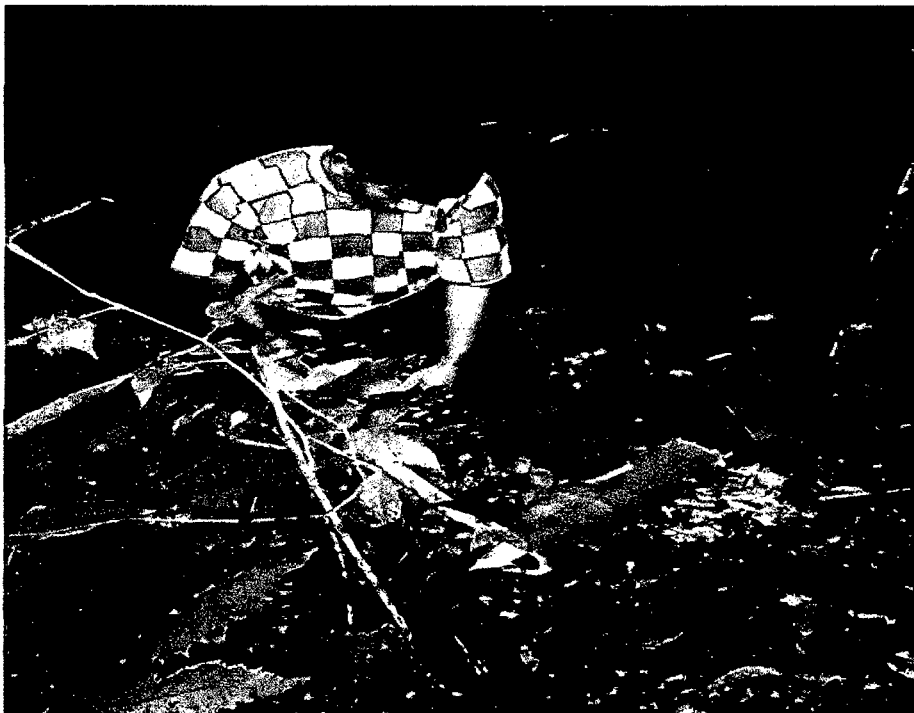


Figura.19. Talado, trozado y aserrío primario



Figura 20. Transporte

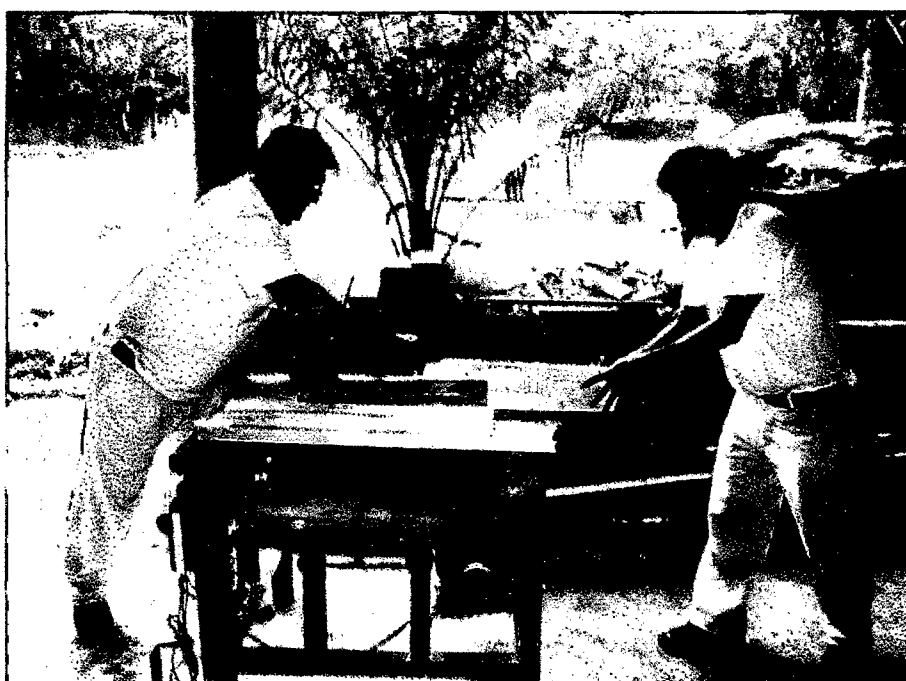


Figura 21. Preparación de las probetas





Figura 22. Codificación de probetas

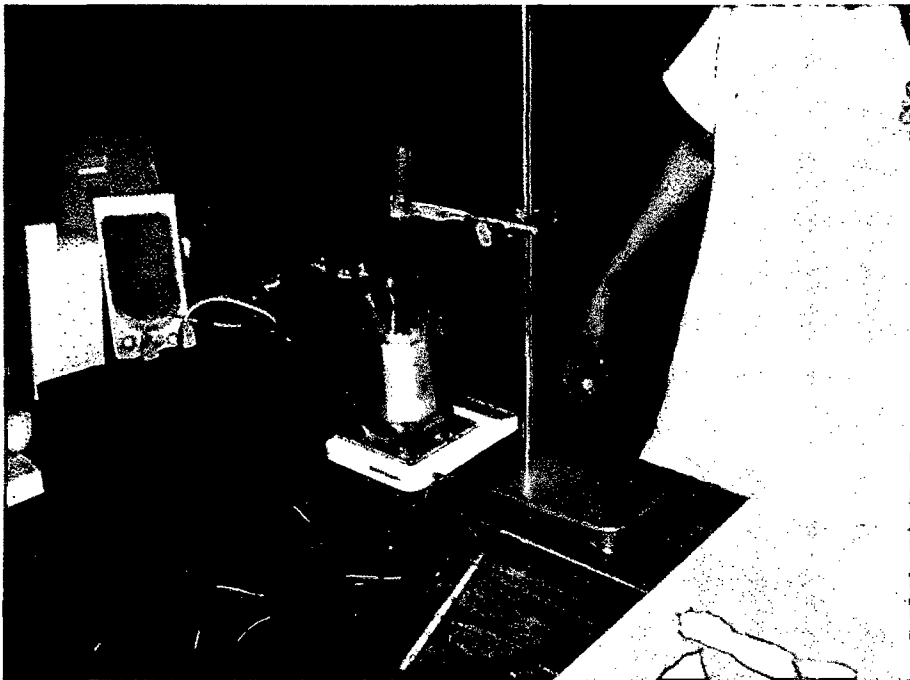


Figura 23. Determinación de las propiedades físicas

Anexo 12. Mapa de ubicación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS)

