



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la  
obtención del título de Ingeniera Forestal**

### **DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE TRES ESPECIES FORESTALES EN LA ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR**

#### **AUTORA**

Rosa Esthela Carlosama Iles

#### **DIRECTOR**

Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, Mgs.

**IBARRA - ECUADOR**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

## DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE TRES ESPECIES FORESTALES EN LA ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza  
la presentación como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERA FORESTAL**

**APROBADO**

Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, Mgs.  
**Director de trabajo de titulación**

Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, Mgs.  
**Tribunal de trabajo de titulación**

MSc. Daniel David Sono Toledo, PhD.  
**Tribunal de trabajo de titulación**



**Ibarra – Ecuador**

2020



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art.144 la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100341461-0	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Carlosama Iles Rosa Esthela	
<b>DIRECCIÓN:</b>	La Esperanza- San Clemente	
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:carlosamaesthela@gmail.com">carlosamaesthela@gmail.com</a>	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	<b>Teléfono móvil</b>	0959477352

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE TRES ESPECIES FORESTALES EN LA ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR.</b>
<b>AUTORA:</b>	Rosa Esthela Carlosama Iles
<b>FECHA:</b>	09 de marzo del 2020
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN</b>	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Forestal
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, Mgs.

## **2. CONSTANCIA**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 09 de marzo del 2020.

**LA AUTORA:**



Rosa Esthela Carlosama Iles

**C.I.: 100341461-0**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE LA AUTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Rosa Esthela Carlosama Iles**, con cédula de identidad Nro. **100341461-0**; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominado **DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE TRES ESPECIES FORESTALES EN LA ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniera Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

  
.....  
Rosa Esthela Carlosama Iles

**C.I.: 100341461-0**

Ibarra, 09 de marzo del 2020.

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA - UTN

**Fecha:** 09 de marzo del 2020

Rosa Esthela Carlosama Iles: **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE TRES ESPECIES FORESTALES EN LA ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR”** /Trabajo de titulación. Ingeniera Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 2020

**DIRECTOR:** Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, Mgs.

El objetivo de la presente investigación fue: Determinar las propiedades físicas de tres especies forestales provenientes de la zona de Intag, noroccidente del Ecuador para contribuir al conocimiento tecnológico.

**Fecha:** Ibarra, 09 de marzo del 2020



.....  
Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, Mgs.

**Director de trabajo de titulación**



.....  
Rosa Esthela Carlosama Iles

**Autora**

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios***

*Por ser la fortaleza que guía mi camino cada día a día, que por enseñarme que con fé, esperanza, humildad, sabiduría, paciencia y con esfuerzo todo es posible seguir adelante y cumplir las metas propuestas.*

### ***A mi madre y padre***

*Sra. Rosa María Iles, por darme la vida, y quien me educo con todo su amor, cariño y brindarme su apoyo incondicional y tener toda su paciencia en todos los momentos fáciles y difíciles, en la cual me enseñó a superar a seguir luchando en esta vida,*

*Sr. Ángel Carlosama, por brindarme toda su confianza depositada en mí; por su amor, comprensión, y por apoyarme durante todo el proceso de mi carrera profesional. Por ser el ejemplo de lucha y superación.*

### ***A mis hermanas***

*Srtas. Alexandra y Katherin, por el apoyo y motivación que me brindaron durante mis estudios y en la realización de éste trabajo.*

### ***A mi hija***

*Nataly Carlosama, mi pequeña adoración quien ha sido el motivo de mi inspiración para seguir preparándome profesionalmente.*

## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad Técnica del Norte por darme la oportunidad de realizar y prepararme mis estudios de Ingeniería Forestal.*

*Al Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, Mgs, Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, Mgs., MSc. Daniel David Sono Toledo, PhD, por su buena disposición para formar parte del cuerpo de asesores y por sus oportunas sugerencias, y aportes en el desarrollo de la investigación del proyecto.*

*A la Ing. María Vizcaíno, Esp. Por su apoyo incondicional, ya que con la ayuda de sus conocimientos y experiencias se aclaró dudas durante este proyecto de investigación; así mismo quiero agradecer de todo corazón a toda la familia Vizcaíno, quienes me brindaron su paciencia, cariño y compartir momentos de alegrías.*

*Al Ing. Carlos Boada, por su colaboración en el manejo y utilización de las máquinas de la central maderera y poder realizar la preparación del dimensionado de las probetas.*

*A los técnicos que forman parte del Ministerio del Ambiente, por su colaboración.*

*Y al señor Julio Cuasquer un gran amigo, compañero a la que estimo mucho, que compartió una bella amistad e incondicional y estuvo en las buenas y malas; e igualmente al señor Rene Guzmán, por el apoyo incondicional, que ayudaron en la elaboración de esta tesis; y otros, compartiendo amistades dentro y fuera de la institución.*



## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Págs.
APROBADO .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
CESIÓN DE DERECHOS DE LA AUTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE..	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
REGISTRO BIBIOGRÁFICO .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VIII
RESUMEN .....	XVI
ABSTRACT .....	XVII
CAPITULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 GENERAL.....	2
1.1.2 ESPECÍFICOS .....	2
1.2 HIPÓTESIS.....	2
CAPITULO II.....	3
MARCO TEÓRICO .....	3

2.1	FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	3
2.1.1	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR (2008) .....	3
2.1.2	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO (2017 – 2021).....	3
2.1.3	CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (COA, 2017-2018). .....	4
2.1.4	CÓDIGO DE ÉTICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	6
2.1.5	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	6
2.2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	6
2.2.1	TECNOLOGÍA DE LA MADERA.....	6
2.2.2	CARACTERÍSTICAS DE LAS TRES ESPECIES FORESTALES.....	7
2.2.3	LA MADERA.....	11
2.2.4	<i>PROPIEDADES FÍSICAS</i> .....	12
CAPITULO III .....		23
MATERIALES Y MÉTODOS.....		23
3.1	UBICACIÓN DEL SITIO.....	23
3.1.1	POLÍTICA .....	23
3.1.2	GEOGRÁFICA.....	23
3.2	DATOS CLIMÁTICOS.....	24
3.3	MATERIALES Y EQUIPOS .....	24
3.3.1	MATERIALES .....	24
3.3.2	EQUIPOS .....	24
3.3.3	MATERIAL VEGETATIVO.....	25
3.3.4	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO.....	25
3.4	METODOLOGIA .....	25
3.4.1	CAMPO .....	25

3.4.2	DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD, CONTRACCIÓN Y DENSIDAD DE LA MADERA DE TRES ESPECIES FORESTALES.....	26
3.4.3	COMPARAR LAS PROPIEDADES DE LAS MADERAS EN ESTUDIO .....	38
CAPITULO IV .....		39
RESULTADO Y DISCUSIÓN .....		39
4.1	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD, CONTRACCIÓN Y DENSIDAD DE LA MADERA DE TRES ESPECIES FORESTALES. ....	39
4.2	COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MADERA EN ESTUDIO. ....	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		52
5.1	CONCLUSIONES .....	52
5.2	RECOMENDACIONES .....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA .....		53
ANEXOS FOTOGRAFIAS .....		57
ANEXOS 2. RESULTADOS .....		68

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Págs.</b>
Tabla 1. Sistema de clasificación y calificación de madera aserrada provenientes del bosque húmedo. ....	15
Tabla 2. Clasificación contracción volumétrica. ....	17
Tabla 3. Clasificación de madera según su porcentaje de contracción. ....	17
Tabla 4. Criterios de clasificación según el coeficiente (CT/CR). ....	19
Tabla 5. Propiedades físicas (contenido de humedad) de las tres especies forestales. ....	39
Tabla 6. Propiedades físicas (densidad) de las tres especies forestales. ....	41
Tabla 7. Contracción de las tres especie forestales. ....	44
Tabla 8 A. Resultados significancia de la prueba de t-student. ....	49

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Lista de las especies a aprovechar dentro del plan. ....	57
Ilustración 2. Mapa de georeferenciación de los árboles. ....	58

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Densidad en condición verde. ....	29
Ecuación 2. Densidad seca al aire. ....	30
Ecuación 3. Densidad Anhidra. ....	30
Ecuación 4. Densidad básica. ....	31
Ecuación 5. Contenido de humedad. ....	31
Ecuación 6. Contracción longitudinal normal. ....	32

Ecuación 7. Contracción radial normal .....	33
Ecuación 8. Contracción tangencial normal .....	33
Ecuación 9. Contracción longitudinal total .....	34
Ecuación 10. Contracción radial total.....	35
Ecuación 11. Contracción tangencial total .....	35
Ecuación 12. Contracción volumétrica total.....	36
Ecuación 13. Desviación estándar .....	36
Ecuación 14. Coeficiente de variación .....	37
Ecuación 15. Error estándar de la media. ....	37

### **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico. 1 Partes de la madera.....	12
Gráfico. 2 Contracción volumétrica. ....	18
Gráfico.3 Orientación de las probetas. ....	27
Gráfico.4 Orientación de las probetas. ....	28

### **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Lista de las especies a aprovechar dentro del plan. ....	57
Ilustración 2. Mapa de georeferenciación de los árboles.....	58

## ANEXOS

Anexo 1	Selección y tumba de los árboles.....	59
Anexo 2.	Dimensionado de los bloques de madera.....	59
Anexo 3	Embalaje de los bloques de madera.....	60
Anexo 4.	Codificación de los bloques.....	60
Anexo 5.	Recolección de las muestras botánicas de la especie Ocotea pacífica.....	61
Anexo 6.	Recolección de muestras botánicas de la especie de Magnolia chiguila .....	61
Anexo 7.	Recolección de muestras botánicas de Psidium occidentale .....	61
Anexo 8.	Extracción del material con acémilas. ....	62
Anexo 9.	Carga y transporte de los bloques de madera.....	62
Anexo 10	Descarga de bloques, Central maderera Experimental Granja Yuyucocha. ....	62
Anexo 11	Canteado de los bloques de madera.....	63
Anexo 12.	Apilación de bloques por especies codificados. ....	63
Anexo 13.	Preparación y codificación de las probetas.....	64
Anexo 14.	Dimensionado y corte de las probetas. ....	64
Anexo 15.	Embalaje de las probetas: peso, medición en estado verde y seco al aire. ....	65
Anexo 16.	Probetas seco al horno. ....	65
Anexo 17.	Medición de las probetas seco al horno .....	66
Anexo 18.	Etiquetación de la especie Ocotea pacífica.....	66
Anexo 19.	Etiquetación de la especie de Magnolia chiguila.....	67
Anexo 20.	Etiquetación de la especie de Psidium occidentale.....	67
Anexo 21.	Contenido de humedad seco al aire de Magnolia chiguila. ....	68
Anexo 22.	Contenido de humedad seco al horno de Magnolia chiguila.....	68
Anexo 23.	Densidad verde de Magnolia chiguila.....	69
Anexo 24.	Densidad seco al aire de Magnolia chiguila. ....	69
Anexo 25.	Densidad seco al horno de Magnolia chiguila.....	70
Anexo 26.	Densidad básica (DB) Magnolia chiguila.....	70

Anexo 27. Contracción longitudinal normal y longitudinal total de Magnolia chiguila. ....	71
Anexo 28. Contracción radial normal y radial total de Magnolia chiguila. ....	71
Anexo 29. Contracción tangencial normal y tangencial total de Magnolia chiguila. ....	72
Anexo 30. Contracción Volumétrica de Magnolia chiguila. ....	72
Anexo 31. Relación tangencial/radial de Magnolia chiguila. ....	73
Anexo 32. Contenido de humedad seco al aire de Ocotea pacífica. ....	73
Anexo 33. Contenido de humedad seco al horno de Ocotea pacífica. ....	74
Anexo 34. Densidad verde de Ocotea pacífica. ....	74
Anexo 35. Densidad seca al aire de Ocotea pacífica. ....	75
Anexo 36. Densidad seco al horno de Ocotea pacífica. ....	75
Anexo 37. Densidad básica de Ocotea pacífica. ....	76
Anexo 38. Contracción longitudinal normal y longitudinal total de Ocotea pacífica. ....	76
Anexo 39. Contracción radial normal y radial total de Ocotea pacífica. ....	77
Anexo 40. Contracción tangencial normal y tangencial total de Ocotea pacífica. ....	77
Anexo 41. Contracción volumétrica de Ocotea pacífica. ....	78
Anexo 42. Relación tangencial entre radial de Ocotea pacífica. ....	78
Anexo 43. Densidad seco al aire de Psidium occidentale. ....	79
Anexo 44. Contenido de humedad seco al horno de Psidium occidentale. ....	79
Anexo 45. Densidad verde de Psidium occidentale. ....	80
Anexo 46. Densidad seco al aire de Psidium occidentale. ....	80
Anexo 47. Densidad seco al horno de Psidium occidentale. ....	81
Anexo 48. Densidad básica de Psidium occidentale. ....	81
Anexo 49. Contracción longitudinal normal y longitudinal total de Psidium occidentale. ....	82
Anexo 50. Contracción radial normal y radial total de Psidium occidentale. ....	82
Anexo 51. Contracción tangencial normal y tangencial total de Psidium occidentale. ....	83
Anexo 52. Contracción volumétrica de Psidium occidentale. ....	83
Anexo 53. Relación tangencial y radial de Psidium occidentale. ....	84

**TITULO:** DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE TRES ESPECIES FORESTALES EN LA ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR.

**Autora:** Rosa Carlosama.

**Director de trabajo de titulación:** Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, Mgs.

**Año:** 2020

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar las propiedades tecnológicas de las especies forestales de: *Magnolia chiguila*, *Ocotea pacífica* y *Psidium occidentale*, se realizó en dos etapas, a nivel de campo, zona de Intag, comunidad de Cielo Verde, parroquia de García Moreno, cantón Cotacachi, y la segunda fase en el Laboratorio de Anatomías de Maderas y Xiloteca, Granja Experimental Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte, se empleó las Normas Instituto Ecuatoriano de Normalización para el dimensionado de la probeta con dimensiones de 10 cm × 5 cm × 5 cm, con las tres orientaciones. Los resultados del contenido de humedad *Magnolia chiguila* 48,25%; *Ocotea pacífica* 42,78 % y *Psidium occidentale* 42,08 %. Las propiedades físicas, densidad y contracción, se comparó mediante estimadores estadísticos “t” student. Se concluyó que las tres especies forestales tienen un contenido de humedad homogéneo, mientras que la madera con mayor estabilidad dimensional fue *Magnolia chiguila*. La especie de mayor densidad fue *Psidium occidentale* clasificada por la norma INEN madera dura, mientras que *Ocotea pacífica* y *Magnolia chiguila*, se consideran maderas de mediana densidad. Al realizar las pruebas estadísticas se determinó que *Magnolia chiguila* y *Ocotea pacífica* son significativas, a diferencia de *Psidium occidentale*.

**Palabra clave:** Especies forestales, propiedades tecnológicas, Instituto Ecuatoriano de Normalización, diseño estadístico, estabilidad dimensional.



**TITLE:** "DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THREE FOREST SPECIES IN THE AREA OF INTAG, NOROCCIDENT OF ECUADOR"

**Author:** Rosa Carlosama.

**Director of titulation:** Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, Mgs.

**Year:** 2020

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to determine the technological properties of the forest species of: *Magnolia chiguila*, *Ocotea pacifica* and *Psidium occidentale*, it was carried out in two stages, at field level, Intag area, community of Cielo Verde, parish of Garcia Moreno, Cotacachi canton, and the second phase in the Laboratory of Wood Anatomies and Xiloteca, Yuyucocha Experimental Farm at Tecnica de Norte University, It was used the Standards Ecuadorian Institute for Standardization for the dimensioning of the test tube with dimensions of 10 cm × 5 cm × 5 cm, with three orientations. The results of the moisture content *Magnolia chiguila* 48.25%; *Ocotea pacifica* 42.78% and *Psidium occidentale* 42.08%. The physical properties, density and contraction, were compared by statistical estimators "t" student. It was concluded that the three forest species have a homogeneous moisture content, while the wood with the greatest dimensional stability was *Magnolia chiguila*. The species with the highest density was *Psidium occidentale* classified by the INEN as hardwood standard, while *Ocotea pacifica* and *Magnolia chiguila*, are considered medium-density woods. When performing the statistical tests, it was determined that *Magnolia chiguila* and *Ocotea pacifica* are significant, unlike *Psidium occidentale*.

Keyword: Forest species, technological properties, Ecuadorian Institute for Standardization, statistical design, dimensional stability.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

Ecuador tiene una tasa de crecimiento poblacional de 1,95% (INEC, 2011), este incremento hace precisar el aumento de consumo per cápita de madera, de tal manera que es necesario desarrollar la oferta de madera para satisfacer la necesidades del país, (Carrero, Orlandoni y Cubbaje, 2008).

Navarro, Dávalos y Bárcenas, citado por Martínez (2005), el aprovechamiento de madera avanza de acuerdo al crecimiento demográfico de la población, ya que el hombre busca generar ingresos económicos para sus hogares, por el concepto de la venta de madera.

El Ministerio del Ambiente, (2016), mencionan que en la zona de Intag, existen varias especies aprovechadas tales como: *Magnolia chiguila* (chirimoyo), *Ocotea pacífica* (yalte) y *Psidium occidentale* (guayabillo) y, procedentes del sector Pueblo Unido, Comunidad Cielo Verde, parroquia García Moreno, cantón Cotacachi, que posee un importante consumo local; además estas especies presentan una demanda de las especies que son comercializadas en la provincia de Imbabura.

Las tres especies mencionadas con anterioridad, se desconoce la información de las propiedades tecnológicas, por lo que se basó en estudios realizado por Cuasquer, (2017), realizó la identificación taxonómica de tres especies forestales, que permitió la identificación de la madera. Así mismo el autor “describe las características organolépticas.” Por lo que se recomienda realizar investigaciones en propiedades físicas, En base a lo antes expuesto la presente investigación generará información sobre las propiedades físicas, como un avance en el conocimiento tecnológico de *Magnolia chiguila*, *Ocotea pacífica* y *Psidium occidentale*, de la comunidad de Cielo Verde de la zona Intag, por lo cual permitió ampliar la información y se cedió dar a conocer sus propiedades de contenido de humedad, densidad y contracción.

De acuerdo las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), se clasificaron su tipo de densidad básica y brindar desde el punto de vista físico de los usos probables que pueden tener las especies.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 General**

Determinar las propiedades físicas de tres especies forestales provenientes de la zona de Intag, noroccidente del Ecuador para contribuir al conocimiento tecnológico.

### **1.1.2 Específicos**

- Determinar contenido de humedad, contracción y densidad de la madera de tres especies forestales.
- Comparar las propiedades de la madera en estudio.

## **1.2 Hipótesis**

**Ho:** Las propiedades físicas de las tres especies son estadísticamente similares.

**Ha:** Al menos una de las tres especies no son estadísticamente similares

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Fundamentación legal**

##### **2.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)**

De acuerdo a la Constitución de la República menciona en el capítulo séptimo; Derechos de la naturaleza.

**Art. 74:** Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado. (pág.52).

##### **2.1.2 Plan Nacional de Desarrollo (2017 – 2021).**

El presente estudio se enmarca en los objetivos, políticas y lineamientos estratégicos del plan siguientes:

**Objetivo 3:** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

**Política y lineamiento estratégico 3.2:** Distribuir equitativamente el acceso al patrimonio natural, así como los beneficios y riquezas obtenidos por su aprovechamiento, y promover la gobernanza sostenible de los recursos naturales y no renovables, **literal b:** Gestión del hábitat para la sustentabilidad ambiental y la gestión integral de riesgos.

**Objetivo 5:** Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.

**Política y lineamiento estratégico 5.6:** Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, para impulsar el cambio de la matriz productiva mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades, **literal d:** Impulso a la productividad y la competitividad sistemática a partir del potenciamiento de los roles y funcionalidades del territorio, con base en la gestión responsable, participativa y sustentable, de sus recursos (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2017, págs. 64 – 66; 80 – 83; 124).

### **2.1.3 Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017-2018).**

LIBRO PRELIMINAR

Titulo I.

Objetivo, Ámbito y fines.

**Art.3.** Fines. Son fines de este código:

**El literal. 9.** Establecer los mecanismos que promuevan y fomenten la generación de información ambiental, así como la articulación y coordinación de las entidades públicas, privadas y de la sociedad civil responsables de realizar actividades de gestión e investigación ambiental, de conformidad con los requerimientos y prioridades estatales; (pág.11).

LIBRO SEGUNDO DEL PATRIMONIO NATURAL.

TITULO I

## DE LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

**Art. 30.** Objetivos del Estado. Los objetivos del Estados relativos a la biodiversidad son;

Al **literal. 8.** Promover la investigación científica, el desarrollo y transferencia de tecnologías, la educación e innovación, el intercambio de información y el fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y sus productos, para impulsar la generación del bioconocimiento; (pág. 20).

## TITULO V

### SERVICIOS AMBIENTALES

**Art. 83.** Generación de servicios ambientales. El mantenimiento y regeneración de las funciones ecológicas, así como la dinámica de los ecosistemas naturales o intervenidos, generan servicios ambientales que son indispensables para el sustento de la vida y a su vez producen beneficios directos o indirectos a la población, (pág. 32).

## CAPITULO VIII

### OTROS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN Y CONTROL

**Art. 131.** La procedencia legal de la madera. En el marco de la responsabilidad ambiental del Estado, el organismo rector de las compras públicas, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional, la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, la Autoridad Nacional de Industrias y Productividad y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, establecerá e incorporará en los procesos de contratación pública mecanismos, instrumentos y procedimientos que garanticen el origen legal de la madera. (pág.42).

#### **2.1.4 Código de ética de la Universidad Técnica del Norte**

**Art 1.-** El código de ética tiene como finalidad contribuir al mejoramiento del comportamiento de los integrantes de la comunidad dentro y fuera de la Universidad, valorando el talento para que asuma sus responsabilidades bajo los principios de eficacia, calidad y transparencia.

#### **2.1.5 Línea de investigación.**

El presente estudio se enmarca en la línea de investigación de la carrera: “Desarrollo agropecuario y forestal sostenible”.

### **2.2 Fundamentación teórica**

#### **2.2.1 Tecnología de la madera**

Describe la tecnología como la ciencia que enseña los fundamentos, según los medios naturales, a elaborar lo mejor posible para satisfacer las necesidades humanas. En esta medida las exigencias van siendo cada vez más requeridas y los criterios son diversos, de manera metodológica, científica y tecnológica; por lo cual la tecnología de la madera permite conocer la estructura del procesamiento (Contreras, Cloquell, y Contreras, 2010).

Ahora en la actualidad el avance de la ciencia y tecnología de la madera, ha generado requerimientos de una organización industrial y de comercio, por lo cual ha permitido desarrollar y mejorar las propiedades de sus productos derivados, con la finalidad de procesar diferentes productos de industrialización (Hernández, 2010, citado por Ortiz, 2019). Para seguir con el proceso de estudios de sus propiedades tecnológicas de las especies forestales, lo primero es recomendable identificar las especies, luego observar sus características macroanatómicas y microanatómicas, y así proseguir con las propiedades físico-mecánicas (García, 2003).

## 2.2.2 Características de las tres especies forestales

### 2.2.2.1 *Taxonomía y descripción botánica de Magnolia chiguila*

**Familia:** Magnoliaceae

**Género:** Magnolia

**Nombre científico:** *Magnolia chiguila*

**Nombre común:** Chirimoyo

- Descripción botánica

Se distribuyen desde las zonas templadas del sureste de Estados Unidos, las zonas templadas del norte de México, la zona tropical de México y América Central. Las especies de *Magnolia* en América se sitúan entre los 40 - 3400 m de altitud, (Pérez, 2015).

La especie *Magnolia chiguila*, *magnolia mashpi*, y *Magnolia mindoensis*, son especies nuevos para el caso en estudio, que se encuentran recién catalogadas, por lo cual se encuentra en la categoría de casi amenazadas en la lista roja de las especies, debido a la alta demanda de madera (Avances en Ciencias e Ingenierías [ACI], 2016).

Cuasquer (2017), en la guía de identificación de tres especies maderables de la zona de Intag, identifica sus características elementales, por lo cual menciona que la corteza externa, marrón, estriada con presencia de lenticelas verrugosas, corteza interna blanquecina, sin presencia de látex, olor ausente.

De acuerdo a la tabla de Munsell (1954) de Suelos, menciona que la albura y duramen presenta una transición de color abrupta, por lo cual cita lo siguiente: En la albura los colores principales son: marrón claro, oliva claro grisácea, rosado claro, sabor ausente, a veces se presenta ácido o amargo; olor característico, aromático, pocas veces desagradable y ausente o no distintivo; brillo medio a medio opaco, escasas veces medio intenso; vetado



líneas verticales con tendencia a arcos superpuestos y presencia de destellos dorados; grano recto y ondulado; textura media fina a media y rara vez fina.

Duramen los colores principales son: rojo, oliva grisáceo claro, amarillo rojizo; sabor predominantemente amargo, parcialmente ácido y pocas veces ausente o no distintivo; olor desagradable, característico y pocas veces aromático; brillo medio a medio opaco escasas veces medio intenso; veteado en arcos superpuestos, líneas verticales y con destellos dorados; grano recto y ondulado; textura media a media gruesa y rara vez media fina.

Hojas alternas helicoidales con una estipula cónica alargada que deja una cicatriz anular conspicua sobre las ramitas cuando se desprende. Hojas pubescentes por el haz, glabras por el envés, cartáceas, nervaduras: principal hendida por el haz y prominente por el envés, terciaria reticulada y peciolos largos. Su inflorescencia terminal, botón floral y solitaria color blanco. Frutos rojos elipsoide dehiscente, tamaño 0,5 cm a 1,00 cm, numerosas cantidades de semillas una a dos por carpelos, (Pérez, 2015, p. 271, citado por Cuasquer, 2017).

#### 2.2.2.2 *Taxonomía y descripción botánica de Ocotea pacifica*

**Familia:** Lauraceae

**Género:** Ocotea

**Nombre científico:** *Ocotea pacifica*

**Nombre común:** Yalte o Rosado

- Descripción botánica

Árboles pequeños a grandes, casi siempre recto, rara vez con raíces zancudas. Dominante en casi todos los bosque húmedos, 0 - 3 500 msnm. (Palacios, 2017).

Cuasquer (2017), indica que la corteza externa es rosácea, con presencia de lenticelas dispersas, arboles jóvenes con corteza lisa. Corteza interna albura blanquecina, amarillo pálido (7.5Y8.5/4), gris verdoso, oliva grisáceo claro; sabor amargo ácido, astringente, a veces ausente o no distintivo; olor desagradable, característico pocas veces ausente o no distintivo; brillo medio intenso a medio, pocas veces intenso; veteado líneas verticales; grano recto, ondulado y pocas veces oblicuo; textura media fina a media y rara vez fina.

Duramen marrón claro, purpura, oliva pálido, se oxida violentamente a un color pardo rojizo, olor fuerte dulce – astringente; sabor amargo, parcialmente ausente o no distintivo; olor desagradable, característico y pocas veces ausente o no distintivo; brillo medio intenso a intenso, pocas veces medio; veteado líneas verticales, raramente arcos superpuestos; grano recto, a veces ondulado, rara vez oblicuo; textura media fina a media.

Hoja compuesta alternas dísticas. Laminar foliar elípticas a obovadas, borde entera, ápice acuminado-agudo, base atenuada, nervaduras principal broquidrodroma, nervio secundario pinnado, texturas semi-coraceae, peciolo pequeño acanalado, base del peciolo engrosamiento, textura dura; pubescencia en toda la lámina foliar y venación terciaria reticulada. Su inflorescencia cima, infrutescencia drupa globular-piriforme, inserta en una cúpula, (receptáculo), semilla una ovoide verde a negro, se oxida violentamente, dulce y astringente. (Muñoz y Cerón , 2015 citado por Cuasquer 2017).

### 2.2.2.3 *Taxonomía y descripción botánica Psidium occidentale*

**Familia:** Myrtaceae

**Género:** Psidium

**Nombre científico:** *Psidium occidentale*

**Nombre común:** Guayabillo

- Descripción botánica

*Psidium occidentale* conocido de bosques húmedos a lo largo de las tierras bajas del Pacífico y bosques submontanos en Colombia y Ecuador, a un rango altitudinal de 325-2100 msnm. Árbol o arbustos, principalmente bosques húmedos 0-2 700 msnm (Landrum y Parra , 2014, p. 214).

Cuasquer, (2017), además, menciona que su corteza externa dura lisa, lamina exfoliante en láminas grandes y delgadas con una dimensión de 2 a 3 mm de grosor de color pardo gris, con presencia de lenticelas pequeñas, dispersas; no presenta transición o cambia gradualmente de color entre albura y duramen; albura blanquecina rosada, grisáceo marrón, gris claro, sabor amargo, ausente o no distintivo, pocas veces ácido y dulce; olor aromático rara vez desagradable; brillo medio a medio opaco, a veces medio intenso; veteados arcos superpuestos y líneas verticales, con presencia de reflejos dorados; grano recto, oblicuo y ondulado; textura fina a media, rara vez fina.

Duramen rosado, oliva marrón claro, gris claro, sabor amargo, pocas veces ácido; olor Aromático, a veces desagradable, pocas veces característico; brillo medio opaco a medio, a veces medio intenso; veteados arcos superpuestos, con tendencia a líneas verticales, a veces jaspeado; grano recto, rara vez oblicuo u ondulado; textura media fina a media, rara vez fina o media gruesa.

Hojas simples, opuestas, dísticas, laminar foliar elíptica acuminada, ápice acuminado, borde entero, base redondeada, nervaduras principal broquidrodroma, nerviación broquidrodroma, cartáceas, no presenta pubescencia. Su infrutescencia baya elipsoide o redonda con 6 o 7 semillas, coronada por 4 sépalos persistentes, baya elipsoide o redonda con 6 o 7 semillas, coronada por 4 sépalos persistentes (Landrum y Parra , 2014, p. 214, citado por Cuasquer, 2017).

Inflorescencia variando de un dicasio con la flor central sésil o subsésil y las laterales con pedicelos de 8-16 mm de largo, o en algunas plantas todas las flores solitarias;

pedúnculo (12-) 17-35 mm de largo, 1-2 mm de ancho cerca del ápice, pubescente. A diferencia de la *P. occidentale*, son hojas glabras, (Flora, y Veracruz, *s.f*).

### **2.2.3 La madera.**

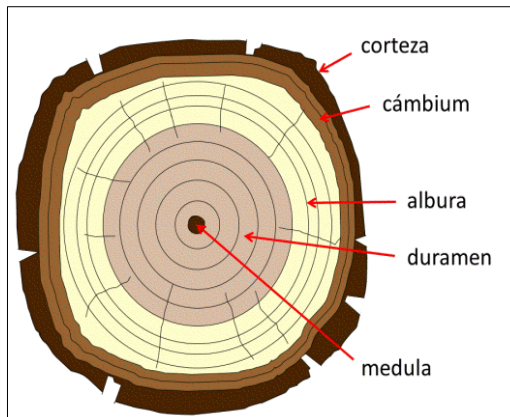
#### **2.2.3.1 Definición.**

La madera se define como un tejido vegetal leñoso, por lo cual están formados por la unión de células, (pared celular y el interior lumen de la célula); su tamaño, forma y distribución junto con otros elementos anatómicos, como los radios leñosos, la presencia de canales resiníferos o de vasos, son los que dan lugar o definen las diferentes especies de madera, ya que cada especie posee sus propias características, razón por lo cual hace interesante, porque nos ofrece unas infinitas posibilidades de utilización (García, 2003; Quema, 2014). La madera al ser un material no homogéneo, su estructura está compuesta por: corteza externa, cambium, albura, duramen, medula y anillos de crecimiento (Quema, 2014; Jarpa, *s.f*).

Quema, (2014), indican que al examinar un corte realizado al talar el árbol, la sección producida de un plano transversal en el tronco de una latifoliada o conífera se pueden observar capas de afuera hacia adentro diferenciando la albura y duramen (*ver gráfico 1*):

- *Corteza externa*, capa protector del árbol, células muertas.
- *Cambium*, capa delgada por donde conduce la savia descendente, zona de crecimiento del árbol.
- *Albura*, conduce la savia ascendente o almacena nutrientes.
- *Duramen*, madera dura y resistente, su función consiste servir de sostén al árbol, madera a uso industrial.
- *Medula*, la zona central del árbol.
- *Anillos de crecimiento*, capa delgada formada durante un periodo de crecimiento.

*Gráfico. 1*  
Partes de la madera



Estructura de la composición de un árbol.  
*Fuente:* García, (2003).

Por su estructura peculiar de su diseño interna tanto como externa, y por sus propiedades anatómicas, organolépticas, físicas, mecánicas, resistencia, hace referencia para comprender su comportamiento (García, 2003), ya que son aspectos básicos que una industria forestal requiere para un abastecimiento continuo de materia prima y dar la finalidad de su utilidad (Paguay, 2013, p. 11).

#### **2.2.4 Propiedades físicas**

“Las propiedades físicas de la madera son aquellas que determinan su comportamiento frente a los distintos factores que intervienen en el medio natural,” existe variedad de tipos de maderas, dependiendo de las características que poseen: higroscopicidad, contenido de humedad, densidad, contracción (Paguay, 2013, p. 11).

##### **2.2.4.1 Higroscopicidad**

Campos, (2015, p.23); García, (2003), menciona es la capacidad que tiene de absorber o perder la humedad, es decir un árbol recién apeado, tiene un alto porcentaje de agua, que por medio del secado se procede a la pérdida de humedad. La madera también tiene

afinidad por el agua en forma líquida y gaseosa; dependiendo de la temperatura y de la humedad de las condiciones ambientales que se encuentra la madera, por lo cual indica esta capacidad presenta a dos razones fundamentales:

- *La atracción o sorción molecular*, que ejerce los grupos polares existentes en la pared celular de la madera sobre aquellas moléculas, de naturaleza polar o polarizables, “afinidad por los productos polares como: agua, pegamento, barnices, etc.” (Jiménes, Moglia, Hernandez, y Gerez, 2005). Solo se puede eliminar de 0 a 6 % de humedad (García, 2003).
- “*Adsorción*, el vapor se condensa en las proximidades de las superficie exterior del sólido, del 15 % de humedad” (García, 2003).
- *Debido a los efectos de los fenómenos físicos de capilaridad*, (propiedad de los líquidos que depende de su tensión superficial), es decir si se condensa en los capilares del cuerpo poroso (García, 2003).

#### 2.2.4.2 *Contenido de humedad*

Es la cantidad de agua contenida en una pieza de madera, expresada en porcentaje (%), además la humedad es la cantidad de agua separable por secado que tiene la madera en su estructura y tiene dos orígenes (Quema y Juela, 2015)

- *Agua del sistema vascular*, (agua que se encuentra presenta en la madera). es decir que cuando la madera húmeda comienza a secarse, pierde peso y se contrae hasta un límite que ya no puede disminuir su grado humedad.
- *Agua impregnación*, es el agua que ha absorbido la madera del ambiente; esta humedad puede variar de acuerdo a la humedad relativa en la cual se encuentre expuesta.

El contenido de humedad influye en el peso madera, a la vez afecta a sus propiedades físicas (peso específico y la contracción o hinchamiento de sus dimensiones). A menor contenido de humedad (CH), baja punto saturación de las fibras (PSF), en general, aumenta la capacidad mecánica y resistencia de la madera (Pérez y Meneses, 2011).

#### 2.2.4.3 *Densidad*

La densidad de la madera es la relación entre la masa o la cantidad de materia (leñoso, madera) y el volumen de un cuerpo; es muy variable ya que depende de la especie, expresa  $\text{g/cm}^3$ , “esta es una de las características físicas más importantes, ya que esta directamente relacionado con las propiedades mecánicas y de durabilidad de la madera”, (Paguay y Juera, 2015).

De acuerdo al Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN 1164], (2011), (determinación de la contracción de las maderas), se procede a las mediciones respectivas de las probetas con el instrumento pie de rey en sus diferentes estados, para determinar: densidad básica y contracción. (p. 2- 4).

- Densidad nominal, masa anhidra y volumen con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad anhidra, relaciona la masa y el volumen de la madera en estado anhidro (completamente seca).
- Densidad normal, masa y volumen de la madera con un contenido de humedad entre 10% y 12%,

#### 2.2.4.4 *Densidad básica*

“Es la relación entre el peso en estado anhidro y el volumen de la pieza en estado verde, expresada en  $\text{g/cm}^3$ , por lo cual la norma menciona el proceso de secado de la pieza de madera seca al horno, para calcular la densidad básica, por lo tanto es sometida gradualmente a una temperatura determinada de 40°C, 60°C, 80°C, 90°C y 103°C” (INEN

1164, 2011, p.3). Con la densidad básica, permite determinar el tipo de clasificación, de acuerdo al peso del valor correspondiente de las especies forestales según, “al sistema de clasificación y calificación de madera aserrada provenientes de bosques húmedos” ([INEN 2580], 2011).

**Tabla 1.**

Sistema de clasificación y calificación de madera aserrada provenientes del bosque húmedo.

Clase o categoría	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Clasificación
<b>Tipo A</b>	> 0,71 g/cm <sup>3</sup>	Alta
<b>Tipo B</b>	> 0,55 y < 0,70 g/cm <sup>3</sup>	Media a alta
<b>Tipo C</b>	> 0,40 y < 0,54 g/cm <sup>3</sup>	Media
<b>Tipo D</b>	< 0,40 g/cm <sup>3</sup>	Baja

Categorías de clasificación según la densidad de la madera de tipo; A, B, C y D.

Fuente: norma INEN 2580, (2011).

De acuerdo a la tabla 1, se menciona el tipo clase de madera según su densidad y se las clasifica en: tipo “A”, son maderas pesadas, de calidad buena y resistente, los usos más comunes son: maderas para estructurales como pilotes, durmientes, vigas, viguetas, puntales, dinteles, pisos (duelas, tablones, tabloncillos); maderas de recubrimiento en: puertas, ventanas, pasamanos y molduras; en ebanistería, muebles tallados y en chapas decorativas. Tipo “B”, presenta algunas fallas físicas y mecánicas, visibles a lo largo de la pieza, especies de densidad media a alta. Tipo “C”, presentan fallas físicas, mecánicas a lo largo de la pieza, especies de densidad media a alta. Tipo “D”, presentan defectos físicos, mecánicos y de sanidad como fuertes ataques de hongos, e insectos y difícil de corregir ya que no son aptas para el proceso de reaserrado y terminado, especies de densidad baja. Basado en las normas mencionadas la densidad básica y su clasificación permite conocer un efecto importante sobre el rendimiento y calidad del producto final, (INEN, 2580 (2011), p, 15-16).



#### 2.2.4.5 *Hinchamiento*

Debido a la propiedad higroscópica que posee la madera, esta tiende a adquirir humedad del ambiente de tal manera que al incrementar el CH y por ende aumenta sus dimensiones; es decir que la madera seca adquiere humedad (Rathgeber *et al.*, 2006), es similar al volumen de agua absorbida (García, 2003).

#### 2.2.4.6 *Contracción*

Contracción es la reducción dimensional que experimenta la madera cuando pierde humedad por debajo de la saturación de la fibra produciendo cambios dimensionales; tangenciales, radiales y volumétricos en la pieza. (Cardoso, Cagno, Cárdenas, y Gatto, 2013).

- *Radial*.- variación en sus sentidos de los radios.
- *Tangencial*.- las variaciones son perpendiculares a los radios de la madera.
- *Volumétrica*.- cambios dimensionales tanto en sentido radial, tangencial y longitudinal.

Rivera, (2014) citado por Juela, (2015. p.7-8) menciona que la contracción y la expansión de la madera (al momento cuando la madera absorbe agua), presentan diferentes valores en las tres direcciones: la contracción longitudinal es el orden del 0,1%, la contracción tangencial y radial son los principales responsables del cambio volumétrico, se clasifica la estabilidad dimensional de acuerdo al rango de: muy bajo; bajo; mediana; alta a muy alta. (*Ver tabla 2*).

**Tabla 2.**  
Clasificación contracción volumétrica.

Rango	Clasificación
< de 9%	muy bajo
9,1% a 10%	Bajo
11,1% a 13%	Mediana
13,1% a 15%	Alta
> 15%	muy alta

Valores de la variación de la contracción volumétrica para las especies arbóreas.

*Fuente:* Rivera, (2014), citado por Juela, (2015).

Mediante la tabla 2, se observa el rango de clasificación de la contracción volumétrica de la madera que es sometida a un proceso de secado, por lo cual existen cambios dimensionales y su contracción volumétrica total se clasifican en: maderas de debil contracción volumetrica total que esta comprendida entre 5% a 10%; mientras que la contracción volumetrica mediana esta entre 10% a 15%; y las maderas de fuerte contracción volumetrica esta entre 15% a 20%, (García, 2003).

Cardoso, Cagno, Cárdenas, y Gatto, (2013), menciona algunas especies forestales, que son clasificadas de acuerdo a su porcentaje de contraccion. (*Ver tabla 3*).

**Tabla 3**  
Clasificación de madera según su porcentaje de contracción.

Contracciones	Clasificación	Principales especies de contracción
1-4 %	Bajo	Balsa, Jaul, cebo.
5-7%	Mediana	Melina, ciprés, laurel, teca, caoba, cedro, pino, eucalipto.
Mayor a 8%	Alta	Manú, roble, sura, guayacán real almendro.

Resultados de contracción y clasificacion de algunas especies forestales.

*Fuente:* (Cardoso, Cagno, Cárdenas, y Gatto, 2013).

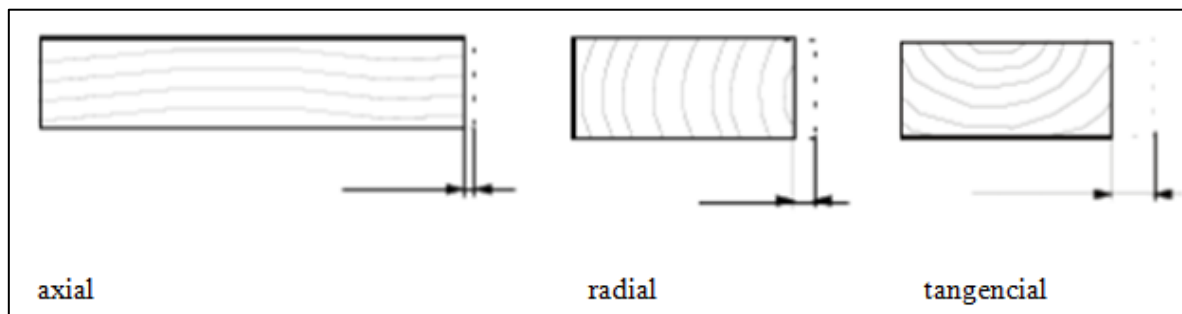
Los cambios dimensionales de algunas especies forestales varía su contracción de acuerdo a la densidad básica, mientras la madera sea de densidad alta, mayor será la contracción (Ver tabla 3).

#### 2.2.4.7 Contracción volumétrica contracción tangencial entre contracción radial (CT/CR).

García, (2003), la contracción volumétrica, es el resultado de las diferentes actividades sometidas de secado, que varían de acuerdo a su sentido de orientación de las caras son:

- *Axial*, variación poco variable, longitudinalmente se contrae del 0,01% a 0,03%.
- *Radial*, variación débil, hasta el 5%
- *Tangencial*, variación importante, hasta el 10%

Gráfico. 2  
Contracción volumétrica.



Orientación de corte: axial (longitudinal), radial y tangencial.

**Fuente:** (García, 2003).

En el gráfico 2, se observa los diferentes sentidos de orientación en lo que las contracciones son las más importantes, porque se puede observar en el sentido radial y en el tangencial, son los causantes de las deformaciones que producen en la pieza de madera, es decir la madera sometida a un secado externo muy brusco o artificial, presentan grietas en sentido radial (García, 2003).

Ordóñez *et al.*, (1990) citado por Juela, (2015), ha generado criterios para clasificar la estabilidad dimensional de la madera, según el coeficiente de contracción tangencial (CT/CR), el rango tangencial en relación radial (*Ver tabla 4*).

**Tabla 4.**

Criterios de clasificación según el coeficiente (CT/CR).

Rango (T/R)	Estabilidad
< 1,5	muy estable (ME)
1,5 – 2	estable (E)
2,1 - 2,5	moderadamente estable (ME)
2,51-3	inestable (I)
>3	muy inestable (MI)

Coeficientes de variación en contracción tangencial relación contracción radial

*Fuente:* Cardoso et al, (2013) citado por Juela, (2015).

En la tabla 4, se observa el coeficiente de contracción tangencial/radial, por lo que la madera se clasifica de acuerdo a su estabilidad dimensional de sus resultados. Sotelo (2016), afirma que la contracción tangencial, es el más importante que la contracción radial; característica del comportamiento de la madera en cuanto a la estabilidad durante el proceso de secado, la susceptibilidad de la especie y el método de secado como puede ocurrir imperfecciones, rajaduras o torceduras, al momento del método de secado.

**2.2.4.8 Propiedad térmica.**

Es la relación entre cantidad y velocidad del calor transmitida a través de un material, por lo cual la temperatura es encargada de liberar las moléculas de agua de la madera, es decir la madera se dilata con el aumento de temperatura y a su vez se contrae por pérdida de humedad, (García, 2003), como está constituida por celulosa; en estado seco, es buen aislante térmico, debido a que el aire que llena en los poros del material seco, es a la escasez de electrones (García, 2003).

La madera debido a su material heterogéneo la variación de la conductividad va a depender de su peso específico, del contenido de humedad, de la dirección del flujo de calor y de la temperatura transmisión del calor (composición del material, método, tiempo transcurrido, etc.), (García, 2003).

#### 2.2.4.8.1 *Combustibilidad*

Es la acción de arder o quemar frente a la presencia de altas temperaturas, que se da la descomposición química y la producción de gases inflamables de una manera progresiva la madera va perdiendo humedad, se evaporan sustancias volátiles, se carboniza y luego comienza la ignición de los gases inflamables, por lo cual la combustión es afectada por varios factores de: la especie, temperatura, la estructura del leño, humedad, tamaño de las piezas, cuyas características de comportamiento al fuego son las siguientes (Aeberhard et al., 2004 y Peña 2017):

- *Reacción al fuego.*- la madera tiene una reacción al fuego, según el sistema de Euroclases de reacción al fuego entre las clases C y E. Las especies de mayor densidad, en gruesos importantes y con humedad superior al 50% la reacción al fuego apenas llega a la clase tipo C, por el contrario, maderas ligeras, con espesores menores de 18 mm y humedad en torno al 12% la reacción al fuego llega a la clase E (Peña, 2017)
- *Resistencia al fuego.*- la madera expuesta al fuego arde en su superficie rápidamente, formándose una capa carbonosa que impide que el oxígeno necesario para la combustión pase al interior de la madera, ralentizándose (lento al proceso) la combustión, es decir la madera gana resistencia al perder la humedad, hace que la madera resista mucho tiempo antes de romperse (Peña, 2017).
- *Poder calorífico.*- se refiere a la madera totalmente anhidra, es el calor desprendido por kilogramo de combustión de una pieza, como la madera está compuesta

fundamentalmente por carbono, oxígeno e hidrógeno, y por su composición química como la lignina es el compuesto que influye en el poder calorífico (Peña, 2017).

- *Difusividad térmica.*- es una propiedad poco valorada que interpreta la velocidad con que un material se calienta, puesto en contacto con una fuente de calor. El objeto (madera) quita o cede calor al hombre muy rápidamente, según si está a temperatura inferior o superior a 37°C, sintiendo frío o calor en la misma medida que la diferencia de temperatura existente entre ambos (Peña, 2017).

#### 2.2.4.9 Propiedad eléctrica

La madera seca es muy mala conductora de la electricidad, pero conforme aumenta su porcentaje de humedad, la conductividad aumenta de forma muy directa, es decir la madera anhidra es buen aislante, pero así a la vez si la madera esta con un 100% de humedad, podemos decir que son conductoras, se mide con el instrumento llamado xilohigrómetros (medición de humedad), (García, 2003; Peña, 2017).

- *Xilohigrómetros.*- los multímetros son instrumentos de medidores que se utilizan para las propiedades de la conductividad eléctricas de la madera, y por lo general va de acuerdo en función del contenido de humedad relativa, temperatura del aire y la especie, (Medrano, 2003 y Peña, 2011).

#### 2.2.4.10 Estimadores estadísticos.

- *Desviación estándar*

Salazar y del Castillo, ( 2018), es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población), es un promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución, representa el desplazamiento de la media a sus límites inferior y superior, estimador que permite analizar qué tan representativa es la

media muestral. Este desplazamiento asociado a un nivel de probabilidad garantiza el grado de confiabilidad de dicho valor medio (Aguirre y Vizcaíno, 2009).

- *Coeficiente de variación (CV)*

El es la relación entre la desviación típica de una muestra y su media. Sirve para evaluar el porcentaje de variabilidad que existen entre las observaciones se emplea la fórmula de (Aguirre y Vizcaíno, 2009).

- *Error Estándar de la media (Sx)*

Es la desviación estándar de todas las posibles muestras (de un tamaño dado) escogidos de esa población. Para determinar el desplazamiento del valor medio hacia el límite inferior o superior en función de observaciones registradas, (Aguirre y Vizcaíno, 2009).

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del sitio**

##### **3.1.1 Política**

La fase experimental se realizó en la comunidad Cielo Verde, parroquia García Moreno, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, en la propiedad del Sr. Francisco Chimborazo, se encuentra limitada al norte: camino público, al sur: terreno Luis Aurelio Chimborazo Caíza, oriente: camino que conduce a Saguangal, al occidente: propiedad del señor Manuel Chimborazo. (Registro de la Propiedad y Mercantil del Cantón Santa Ana de Cotacachi (2014) y MAE (2016).

La fase de proceso en la Universidad Técnica del Norte, en la Granja Experimental Yuyucocha, en el laboratorio de Anatomías de Maderas y Xiloteca, limita con los barrios: al norte Yuyucocha, al sur Caranqui, al este los Ceibos y al oeste con la Cooperativa 10 de agosto (Gobierno Autónomo Descentralizado Ciudad de Ibarra [GADCI], 2015).

##### **3.1.2 Geográfica**

La comunidad Cielo Verde, se encuentra a  $0^{\circ} 17'00''$  de latitud Norte y a  $79^{\circ}1'00''$  de longitud oeste, con una precipitación de 1600 mm. UTM: 17S 736997 m – 10032202 m; a 1053 msnm.

La Granja Experimental Yuyucocha se localiza a Latitud:  $00^{\circ} 21'53''$  N; Longitud:  $78^{\circ} 06'32''$  W, a una altitud de 2243 msnm. (INAMHI, 2013) citado por (Cadena y Enríquez, 2013).



### **3.2 Datos climáticos**

La temperatura oscila entre 20°C a 25°C la precipitación esta entre 1600 mm a 2100 mm. El clima es subtropical, los meses más lluviosos son diciembre a abril; por lo cual los meses de menor precipitación de mayo a octubre, (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2015)

La Granja Experimental Yuyucocha presenta una temperatura que varía entre 18,4 °C a 26,2 °C; los meses más lluviosos son octubre a marzo; mientras que las épocas de menor precipitación los meses son junio a septiembre (INAMHI, 2015).

### **3.3 Materiales y equipos**

#### **3.3.1 Materiales**

- Formulario de toma de toma de datos.
- Pintura.
- Machete.
- Embalaje.
- Podadora.
- Cinta métrica.
- Prensadora.
- Cartón y papel periódico.

#### **3.3.2 Equipos**

- Cámara fotográfica Cannon.
- GPS marca GARMIN.
- Motosierra Still.
- Cepilladora.
- Canteadora pequeña.

- Sierra brazo radial industrial marca maggi: 4 hp Rpm.

### **3.3.3 Material vegetativo**

- Bloques de 120 cm X 20 cm X 25 cm, de la especie de *Magnolia chiguila*; *Ocotea pacífica* y *Psidium occidentale*.

### **3.3.4 Instrumentos de laboratorio**

- Calibrador pie de rey 0,1 mm.
- Estufa. Marca Dalvo TDE/70
- Balanza Type JWL- 30k

## **3.4 METODOLOGIA**

La investigación tuvo dos fases: campo y laboratorio.

### **3.4.1 Campo**

Con el apoyo de los técnicos del Ministerio del Ambiente, se planificó la socialización y el reconocimiento del predio del Sr. Francisco Chimborazo propietario del bosque, a fin de adquirir los árboles de las tres especies a ser estudiadas.

Con la colaboración del propietario, se realizó un recorrido preliminar para dar a conocer los nombres comunes a base de las características morfológicas (corteza externa e interna, hojas, flores y frutos), en función a la Guía metodológica de identificación de las especies de Cuasquer (2017), posteriormente se georeferenció las coordenadas UTM, para la elaboración del mapa base del sitio y la ubicación de los árboles aprovechados.

#### 3.4.1.1 *Selección del material*

Para la selección de los árboles y recolección de muestras se aplicó las normas COPANT 458 a 459, (1972); INEN 1158 a 1161 (2012), a fin de acondicionar las maderas destinadas a los ensayos físicos, por lo cual se ubicó los siete árboles por especie con sus características deseables: árboles sanos, fuste cilíndrico, libre de plagas o deformaciones.

#### 3.4.1.2 *Extracción del material*

Para la extracción del material vegetativo se procedió a tumbar el árbol con la motosierra, se realizó una tala dirigida evitando daños a especies cercanas, con un corte o muesca y corte de caída; posteriormente se aserró el árbol, obteniéndose bloques de 120 cm x 20 cm x 25 cm, se codificó según las especies y el número de individuos (A1E1), en mismo sitio de aprovechamiento, se procedió a realizar el embalaje respectivo de los bloques de madera para evitar la pérdida de humedad.

#### 3.4.1.3 *Transporte*

Para la extracción de los bloques de madera del bosque, se realizó la carga con seis acémilas hacia el camino secundario, después se alquiló un transporte para el traslado de los bloques hacia la central maderera de la Granja Experimental Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte, con la guía de circulación emitida por el Ministerio del Ambiente.

### **3.4.2 Determinar el contenido de humedad, contracción y densidad de la madera de tres especies forestales.**

Para la identificación de la descripción de las características taxonómicas, se basó en la guía de identificación de tres especies forestales de la zona de Intag, por Cuasquer (2017), de acuerdo a estas características morfológicas permitió identificar los árboles en pie. Se registró datos de Dap, altura, color de la corteza externa e interna, etc.

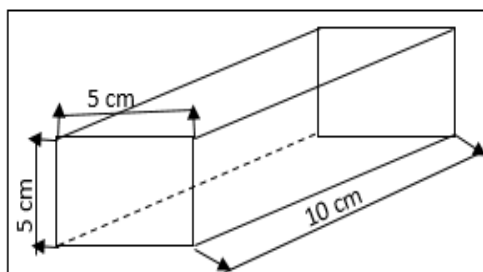
### 3.4.2.1 Laboratorio

#### 3.4.2.1.1 Obtención, dimensionado para ensayos de laboratorio.

Para el proceso de la elaboración de las probetas se procedió a aserrar en la central maderera de la Granja Experimental Yuyucocha, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, sus dimensiones, se aplicó bajo las normas INEN 1164, (para el método de determinación de la contracción).

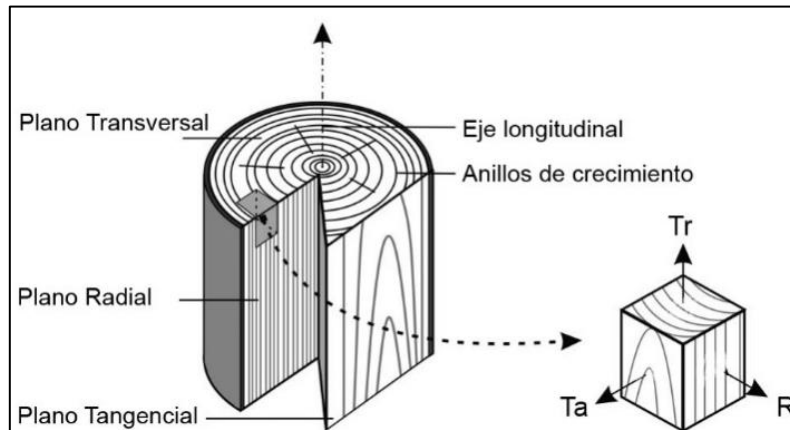
Con el bloque de madera aserrada, se realizó las probetas con las dimensiones de 10 cm  $\times$  5 cm  $\times$  5 cm, en dirección de modo que una de la cara opuesta entre sí sea una superficie tangencial a los anillos de crecimiento, de sección transversal, orientadas de tal forma que se distingan dos caras radiales y dos caras tangenciales (Ver gráfico 3).

*Gráfico.3*  
Orientación de las probetas.



Dimensión de las probetas.  
*Fuente:* Norma INEN 1 164.

*Gráfico.4*  
Orientación de las probetas.



Diferentes planos de la madera radial, tangencial, transversal.

*Fuente:* Franke y Quenneville (2011); citado por Pucha, (2020).

- El eje longitudinal de la probeta debe ser paralelo a la fibra y una de las caras opuestas entre sí será de superficie tangencial a los anillos de crecimiento; consecuentemente, las otras dos caras tendrán superficies radiales.
- Si la madera no presenta anillos de crecimiento, la probeta se corta de modo que sus caras tangenciales sean perpendiculares a los radios leñosos.
- Las caras tangenciales y radiales de las probetas se las deben identificar y marcar (*Ver gráfico 4*).

### 3.4.2.2 *Densidad*

Para determinar la densidad de las probetas de las especies investigadas, se realizó en sus tres estados de las probetas: madera en condición verde, seca al aire, seca al horno.

#### 3.4.2.2.1 *Madera en condición verde*

Se determinó la densidad en estas condiciones, las probetas fueron pesadas en la balanza, y se calibró las mediciones en las cuatro caras (longitudinal, tangencial, transversal

y radial); por lo cual se realizó los cálculos respectivos para la determinación del volumen verde y densidad.

#### 3.4.2.2.2 Densidad en condición verde (DV):

Se tomó el peso en estado verde relacionando con el volumen verde.

$$DV = \frac{PV}{VV} g/cm^3$$

Ec. 1

*Ecuación 1. Densidad en condición verde*  
*Fuente: Norma INEN 1 164*

#### **Dónde:**

DV = Densidad de la probeta en condición verde expresada en g/cm<sup>3</sup>

PV = Probeta en estado verde expresado en gramos.

VV= Volumen de la probeta en estado verde expresado en cm<sup>3</sup>.

#### 3.4.2.2.3 Madera en estado seco al aire

Las probetas se dejaron al ambiente durante 2 días, colocadas en un cuarto bajo sombra, luego se registró valores del peso y de sus dimensiones, para obtener un peso constante peso seco al aire (P.S.A).

#### 3.4.2.2.4 Densidad en condición seca al aire (DSA):

Peso y medición en estado seco al aire se la relaciona con el volumen seco al aire. Mediante con la siguiente formula.

$$DSA. = \frac{PSA}{VSA} g/cm^3$$

Ec. 2

*Ecuación 2. Densidad seca al aire.*  
*Fuente: Norma INEN1 164*

**Dónde:**

DSA. = Densidad de la probeta en condición seca al aire expresada en g /cm<sup>3</sup>

PSA. = Probeta en estado seco al aire expresado en gramos.

VSA.= Volumen de la probeta en estado seco al aire expresado en gramos.

*3.4.2.2.5 Madera en estado seco al horno*

Se colocaron las probetas en la estufa, durante 6 horas a una temperatura de 40 ° C; 18 horas a 70 ° C; y, finalmente 24 horas a una temperatura de 103 °C +/- 2° C. posteriormente la toma de pesó y la medición de las probetas, con el calibrado, para la obtención de la densidad Anhidra.

*3.4.2.2.6 Densidad Anhidra (DA):*

Mediante la siguiente formula se calcula la densidad Anhidra:

$$DA = \frac{PSH}{VSH} g/cm^3$$

Ec. 3

*Ecuación 3. Densidad Anhidra*  
*Fuente: Norma INEN 1 164*

**Dónde:**

DA = Densidad de la probeta en estado anhidro expresada en g/ cm<sup>3</sup>

PSH = Probeta en estado seco al horno expresado en gramos.

VSH= Volumen de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos.

#### 3.4.2.2.7 Densidad Básica (DB)

Para realizar el cálculo de la densidad básica se toma en cuenta el peso seco al horno con relación al volumen verde de la probeta como indica la siguiente formula:

$$DB = \frac{PSH}{VV} g/cm^3$$

Ec. 4

*Ecuación 4. Densidad básica*  
*Fuente: Norma INEN 1 164*

#### **Dónde:**

DB = Densidad básica expresada g/cm<sup>3</sup>

PSH = Probeta en estado seco al horno expresado en gramos.

VV = Volumen de la probeta en estado verde expresado en cm<sup>3</sup>.

#### 3.4.2.2.8 Contenido de humedad

Mediante la aplicación de las normas INEN se procedió a tomar las mediciones en lo referente a peso en estado verde y seco al horno, con ello, se procedió a determinar el contenido de humedad mediante la siguiente formula:

$$CH = \frac{PV - PSH}{PSH} \times 100\%$$

Ec. (5)

*Ecuación 5. Contenido de humedad*  
*Fuente: Norma INEN 1 164*

#### **Dónde:**

CH: Contenido de humedad expresada en porcentaje.



PV: Peso de la probeta en estado verde expresado en gramos.

PSH: Peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos.

#### 3.4.2.2.9 Contracción

La contracción es la propiedad que posee la madera, de disminuir su volumen a medida que pierde la humedad que contiene (INEN, 2013), para los cálculos de contracción se procedió a las mediciones correspondientes: dimensión longitudinal, tangencial y radial.

#### 3.4.2.2.10 Contracción longitudinal normal (CLN)

La dimensión longitudinal, se midió con el instrumento pie de rey.

$$CLN = \frac{DLV - DLSA}{DLV} \times 100\%$$

Ec. 6

*Ecuación 6. Contracción longitudinal normal*  
*Fuente: Norma INEN 1 164*

#### **Dónde:**

CLN (%) = Contracción longitudinal normal de la probeta en condición verde al seco al aire.

DLV = Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde expresada en milímetros.

DLSA = Dimensión longitudinal de la probeta en condición seco al aire, expresado en milímetros.

#### 3.4.2.2.11 Contracción radial normal (CRN)

La dimensión radial, se procede a realizar entre la separación entre las dos caras tangenciales a 3,00 cm de la base y al centro de la probeta.

$$CRN = \frac{DRV - DRSA}{DRV} \times 100\%$$

Ec. (7)

*Ecuación 7. Contracción radial normal*  
*Fuente: Norma INEN 1 164*

#### **Dónde:**

CRN = Contracción en sentido radial normal de la probeta en condición verde al estado seco al aire expresada en porcentaje.

DRV = Dimensión radial en estado verde de la probeta expresada en milímetros.

DRSA= Dimensión radial de la probeta en condición seco al aire, expresado en milímetros.

#### 3.4.2.2.12 Contracción tangencial normal (CTN)

Dimensión tangencial, con el mismo procedimiento de la dimensión radial; será medida entre las dos caras radiales. Los datos obtenidos de los diferentes ensayos de contracción Normal y total se procederán a calcular mediante las siguientes fórmulas:

$$CTN = \frac{DTV - DTSA}{DTV} \times 100\%$$

Ec. (8)

*Ecuación 8. Contracción tangencial normal*  
*Fuente: Norma INEN 1 164*

**Dónde:**

CTN (%) = Contracción en el sentido tangencial normal de la probeta en condición verde al estado seco al aire.

DTV = Dimensión tangencial de la probeta en estado verde expresada en milímetros.

DRSA = Dimensión tangencial de la probeta en condición seco al aire, expresado en milímetros.

**3.4.2.2.13 Contracción Total:**

- *Contracción longitudinal total (CLT)*

Se desarrolla de acuerdo a la siguiente formula:

$$CLT = \frac{DLV - DLSH}{DLV} \times 100\%$$

Ec. (9)

*Ecuación 9. Contracción longitudinal total*  
*Fuente: Norma INEN 1 164*

**Donde:**

CLT (%) = Contracción longitudinal total de la probeta del estado verde al estado seco al horno.

DLV = Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde expresada, en milímetros

DLSH = Dimensión longitudinal de la probeta en estado seco al horno, expresado en milímetros.

- *Contracción radial total (C.R.T)*

Mediante el siguiente formula se calcula la contracción radial total:

$$CRT = \frac{DRV - DRSH}{DRV} \times 100\% \quad \text{Ec. (10)}$$

*Ecuación 10. Contracción radial total*

*Fuente: Norma INEN 1 164*

**Dónde:**

CRT (%) = Contracción radial total de la probeta del estado verde al estado seco al horno.

DRV = Dimensión radial de la probeta en estado verde expresada, en milímetros.

DRSH = Dimensión radial de la probeta en estado seco al horno, expresado en milímetros.

- *Contracción tangencial total (CTT)*

Para determinar la contracción tangencial total se calcularon la siguiente formula:

$$CTT = \frac{DTV - DTSH}{DTV} \times 100\% \quad \text{Ec. (11)}$$

*Ecuación 11. Contracción tangencial total*

*Fuente: Norma INEN 1 164*

**Dónde:**

CTT (%) = Contracción tangencial total de la probeta del estado verde al estado seco al horno.

DTV = Dimensión tangencial de la probeta en estado verde expresada, en milímetros.

DTSH = Dimensión tangencial de la probeta en estado seco al horno, expresado en milímetros.

- *Contracción volumétrica total (CVT)*

La contracción volumétrica total es la operación matemática, datos ya requeridos ya registrados anteriormente durante el proceso de contracción, mediante la siguiente fórmula se calculó:

$$CVT = CRT + CTT - \frac{CRT \times CTT}{100}$$

Ec. 12

*Ecuación 12. Contracción volumétrica total*  
*Fuente: Norma INEN 1164, (2018).*

**Dónde:**

CVT = Contracción volumétrica total de la probeta del estado verde al estado seco al horno, expresada en porcentaje.

CRT = Contracción radial total de la probeta, expresada en porcentaje.

CTT = Contracción tangencial total de la probeta, expresada en porcentaje.

- Medidores estadísticos
- Desviación estándar

Se utilizó la fórmula que de acuerdo al desplazamiento asociado a un nivel de probabilidad garantiza el grado de confiabilidad de dicho valor medio (Aguirre y Vizcaíno, 2009). Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - u)^2}{N}}$$

Ec. 13

*Ecuación 13. Desviación estándar*  
*Fuente: Aguirre y Vizcaíno, (2009).*

**Dónde:**

$\Sigma$ = significa “suma de”

x= es un valor de un conjunto de datos.

N = El número de datos.

*3.4.2.2.14 Coeficiente de variación*

Para evaluar el porcentaje de variabilidad que existen entre las observaciones se emplea la fórmula de Aguirre y Vizcaíno, (2009),

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad \text{Ec. 14}$$

*Ecuación 14. Coeficiente de variación*  
*Fuente: Aguirre y Vizcaíno, (2009).*

**Dónde:**

CV = Coeficiente de variación expresada en porcentaje.

S = Desviación estándar.

$\bar{X}$  = Sumatorias de la media.

- *Error estándar de la media.*

Para determinar el desplazamiento del valor medio hacia el límite inferior o superior en función de observaciones registradas. Se calculó mediante las fórmula de Aguirre y Vizcaíno, (2009),

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} \quad \text{Ec. 15}$$

*Ecuación 15. Error estándar de la media.*  
*Fuente: Aguirre y Vizcaíno, (2009),*

**Dónde:**

$S_x$  = Error estándar de la media.

$S^2$  = Es la raíz cuadrada de la varianza.

$n$  = número de total de observaciones.

**3.4.3 Comparar las propiedades de las maderas en estudio**

Para la comparación de las propiedades de la madera, se aplicó mediante un análisis estadístico de t-student, por lo que se usó de la herramienta del programa infostat.

## CAPITULO IV

### RESULTADO Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Determinación del contenido de humedad, contracción y densidad de la madera de tres especies forestales.

En las tablas 5, se presentan las propiedades físicas de *Magnolia chiguila*, *Ocotea pacífica* y *Psidium occidentale*, donde se destaca que todas las medias son representativas, en contenido de humedad existe relativa homogeneidad.

Tabla 5.

Propiedades físicas (contenido de humedad) de las tres especies forestales.

Especies	Indicadores estadísticos	Contenido de Humedad	
		SA %	SH %
<i>Magnolia chiguila</i>	Media	5,67	48,25
	S	1,35	13,70
	CV	23,81	28,38
	Sx	0,51	5,18
<i>Ocotea pacifica</i>	Media	5,18	42,78
	S	1,07	6,43
	CV	20,65	15,04
	Sx	0,40	2,43
<i>Psidium occidentale</i>	Media	3,78	42,08
	S	0,44	6,04
	CV	11,68	14,35
	Sx	0,17	2,28

**Nota. S:** desviación estándar, **CV:** coeficiente de variación; **Sx:** el error estándar de la media. **SA:** seco al aire; **SH:** seco al horno; **%:** porcentaje.

*Fuente:* La autora.

Esta investigación es importante mencionar, que en virtud de que no se encontró información disponible sobre las propiedades físicas de *M. chiguila*, *O. pacífica* y *P. occidentale*; se compara con especies de la misma familia, género, tipo de bosque y rangos altitudinales, pero de diferentes países como: *M. poasana* en Costa Rica, *Michelia champaca*, (Organización internacional de maderas tropicales (ITTO), 2012); *Nectandra*



*lineatifolia* en Ecuador; *Nectandra lineatifolia*, *Aniba panurensis*, *Nectandra membranacea*, *Ocotea myriantha*, de Bogotá y *Myrcianthes fragans* (Sw) McVaugh, de Honduras y Perú.

Las especies mencionadas de la investigación se encuentran en el bosque siempreverde piemontano de la Cordillera Occidental de los Andes y a una altitud de 966 msnm (MAE, 2013). Con respecto al contenido de humedad seco al aire (CHSA), la especie de *Ocotea pacífica* la media fue de 5,18 %. Así mismo que el CHSA *Magnolia chiguila* la media es de 5,67%. Mientras que, para *Psidium occidentale* su media fue 3,78%; se puede mencionar que sus medias son representativas, es decir los datos están agrupados y homogéneas. Por lo cual el contenido de humedad seco al aire es similar para las tres especies, aunque cabe mencionar en la especie de *Psidium occidentale*, es bajo debido a su densidad (Ver tabla 5).

De acuerdo a los resultados obtenidos de *Magnolia chiguila* con el estudio de (Acosta, 1967), *Magnolia poasana* se logró verificar que *Magnolia chiguila*, presentó una media del CHSA de 5,67 %, a comparación de la especie de *Magnolia poasana*, que tiene un CHSA de 18,00%; se puede inferir que las diferencias entre las medias de las dos especies se debe a la altitud en que se desarrolla *Magnolia poasana*, que es de 2540 msnm (Acosta, 1967); en contraste con *Magnolia chiguila*, que se desarrolla a una altura de 966 msnm (MAE, 2013), lo cual denota la diferencia de ecosistemas para ambas especies. Es decir que en la pérdida de humedad SA entre las dos especies son menores, a pesar que se encuentran en situadas en diferentes sitios de lugar. (Ver anexos 21).

En *Magnolia chiguila*, el CHSH se obtuvo una media calculada fue de 48,25 %; para la especie de *Ocotea pacífica*, su media representa de 42,78%; mientras que para la especie de *Psidium occidentale* su media es de 42,08%. En relación al CHSH sus medias son representativas y homogéneas, ya que se puede relacionar que el CHSH es semejante en la pérdida del porcentaje del CH. Estudios realizados por (Ganzhí, 2006), en relación con el CHSH la especie *Nectandra lineatifolia*, tiene un valor de 16,12% a diferencia de *Ocotea*

*pacífica* de 42,78 %; en base a esta diferencia del CHSH se puede indicar que la pérdida de humedad, es mayor porcentaje CH en *Ocotea pacífica*, probablemente debido a la diferencia de la altitud de esta, con la especie que se compara (*Ocotea pacífica* 966 msnm y *Nectandra lineatifolia* 1800 msnm a 2100 msnm), (Ganzhí, 2006 y MAE, 2014). (Ver anexos 33).

La especie *Nectandra lineatifolia*, tiene un CHSH de 16,12% a diferencia de *Ocotea pacífica* que presentó un CHSH de 42,78 %; en base a esta diferencia del CHSH se puede indicar que la pérdida de humedad, que es mayor la *Ocotea pacífica*, probablemente debido a la diferencia de la altitud de esta, con la especie que se compara (*Ocotea pacífica* 966msnm y *Nectandra lineatifolia* 1800 msnm a 2100 msnm), (Ganzhí, 2006 y MAE, 2014).

Tabla 6.  
Propiedades físicas (densidad) de las tres especies forestales.

Especies	Indicadores estadísticos	Densidad			
		DV g/cm <sup>3</sup>	DSA g/cm <sup>3</sup>	DSH g/cm <sup>3</sup>	DB g/cm <sup>3</sup>
<i>Magnolia chiguila</i>	Media	0,68	0,66	0,50	0,46
	S	0,13	0,13	0,07	0,05
	CV	19,66	20,45	14,41	11,62
	Sx	0,05	0,05	0,03	0,02
<i>Ocotea pacífica</i>	Media	0,57	0,55	0,44	0,40
	S	0,07	0,07	0,06	0,05
	CV	12,16	12,58	12,7	13,30
	Sx	0,03	0,03	0,02	0,02
<i>Psidium occidentale</i>	Media	1,01	0,98	0,77	0,71
	S	0,05	0,05	0,03	0,01
	CV	5,35	5,6	3,77	1,62
	Sx	0,02	0,02	0,01	0,01

**Nota.** SH: seco al horno; DV: densidad verde; DSA: densidad seco al aire; DSH: densidad seco al horno o densidad anhidra; DB: Densidad base.

Fuente: La autora.

Tabla 6. Resultados de las propiedades físicas, clasificación de densidad básica alta (madera pesada) *Psidium occidentale* y densidad media, maderas medias las especies de

*Magnolia chiguila* y *Ocotea pacífica* clasificados bajo la Norma INEN 2580, (2011). (Ver tabla 6).

En el estudio realizado se obtuvo una densidad básica para *Magnolia chiguila* de 0,46 g/cm<sup>3</sup>, así como la especie *Magnolia poasana*, es 0,45g/cm<sup>3</sup> (Acosta, 1967); igualmente para *Michelia champaca*, esta 0,49 g/cm<sup>3</sup> (Organización internacional de maderas tropicales (ITTO), 2012; por consiguiente según la norma INEN ratifica que las tres especies comparadas por pertenecer a la misma familia taxonómica, además se clasifican dentro de la misma densidad tipo “C” por lo que son aptas para el uso de contrachapados (INEN, 2011). (Ver anexos 26).

Para *Ocotea pacífica*, la especie investigada se determinó una DB de 0,40 g/cm<sup>3</sup>, (Ver anexos 37), mientras que la *Nectandra acutifolia*, esta 0,40 g/cm<sup>3</sup>; *Nectandra lineatifolia* es de 0,64 g/cm<sup>3</sup>; (Ministerio del ambiente, 2014). *Aniba panurensis*, *Nectandra membranaceae*, *Ocotea myriantha*, esta entre 0,50 g/cm<sup>3</sup> (Solorzano, Suárez y Mogollon, 2016). En cambio que *Nectandra spp* su rango es 0,57g/cm<sup>3</sup> (ITTO, 2012). Con respecto a las anteriores especies mencionadas su DB, es similar, por lo que se encuentran catalogadas como maderas media o tipo “C”, (INEN, 2580, 2011), A diferencia de la especie de *Nectandra spp* su DB es de 0,57g/cm<sup>3</sup> y *Nectandra lineatifolia* 0,64 g/cm<sup>3</sup>, pertenece a la categoría de tipo “B” maderas media a alta). En este caso se puede observar una divergencia en cuanto a la clasificación de la densidad a pesar de ser especies de la misma familia, debido a las características anatómicas intrínsecas de la especies.

Para *Psidium occidentale* fue 0,71g/cm<sup>3</sup> (Ver anexos 48); Kuniyoshi, (2004), menciona que la especie de *Myrcianthes fragans* (Sw) McVaugh, tiene 0,80 g/cm<sup>3</sup>; la misma especie que se encuentra en bosques tropicales (Perú), su DB es de 0,95 g/cm<sup>3</sup> (Aylas y Bendezú, 2008). Al ser una especie esciofita de lento crecimiento, son tolerantes a la sombra y son clasificadas de tipo “A”, maderas duras de buena calidad, uso para estructurales como pilotes, vigas, viguetas, pisos,etc como menciona la norma INEN.

En el (anexo 36), se demuestra los resultados de la densidad seco al horno (anhidro) de *Ocotea pacifica* fue  $0,44 \text{ g/cm}^3$ , en relatividad con otras especies como *Nectandra acutifolia* DSH  $0,45 \text{ g/cm}^3$ ; *Nectandra lineatifolia*  $0,71 \text{ g/cm}^3$  y *Aniba panurensis*, *Nectandra membranaceae*, *Ocotea myriantha*, esta entre  $0,60 \text{ g/cm}^3$  (ITTO, 2012). Por consiguiente las especies con mayor relación en cuanto a su DSH son *Ocotea pacifica* y *Nectandra acutifolia* (ITTO, 2012).

En cuanto a la DSA con *Magnolia chiguila* presento un valor de  $0,66 \text{ g/cm}^3$ ; en correlación con *Michelia champaca* tienen  $0,54 \%$  se localiza a una altitud de 2100 msnm (bosque lluvioso); por lo que se puede mencionar se diferencia entre las dos especies. Para la DSA en la especie de *Ocotea pacifica* fue  $0,55 \%$  en comparación con *Nectandra spp* tiene  $0,62 \text{ g/cm}^3$  (ITTO, 2012). Se puede observar su discrepancia entre las dos especies mencionadas; *Nectandra spp*, tiene mayor relación en cuanto a su DSA.

Para la especie de *Psidium occidentale* presentó un valor de  $0,98 \text{ g/cm}^3$  (Ver anexo 48); en semejanza con otras especies Kuniyoshi, (2004), indica que *Myrcianthes fragans* (Sw) *McVaugh* tiene  $0,96 \text{ g/cm}^3$ ; misma especie en bosques tropicales en Perú, su DSA es de  $1,17 \text{ g/cm}^3$  (Aylas y Bendejú, 2008). Por lo que se puede expresar que las dos especies tiene una relación parecida en la DSA.

Tabla 7.  
Contracción de las tres especie forestales.

Especies	Medidores estadístico	CONTRACCIÓN %							
		Long.		Rad.		Tang.		Vol. Total	Rela. T/R
		Normal	Total	Normal	Total	Normal	Total		
<i>Magnolia</i>	Media	0,40	0,69	0,69	1,61	0,66	1,75	2,36	1,20
	S	0,07	0,14	0,16	0,29	0,09	0,30	0,40	0,08
<i>Chiguila</i>	CV	17,25	20,17	23,26	17,72	13,21	17,28	16,95	7,08
	Sx	0,03	0,05	0,06	0,11	0,03	0,11	0,15	0,03
<i>Ocotea</i>	Media	0,63	1,05	0,74	1,80	0,79	2,15	2,77	1,27
	S	0,11	0,16	0,10	0,23	0,09	0,36	0,41	0,16
<i>Pacifica</i>	CV	16,78	15,42	12,88	13,01	10,98	16,61	14,72	12,46
	Sx	0,04	0,06	0,04	0,09	0,03	0,13	0,15	0,06
<i>Psidium</i>	Media	0,50	1,05	0,70	1,75	0,69	2,12	2,72	1,42
	S	0,06	0,18	0,08	0,22	0,06	0,42	0,45	0,26
<i>Occidentale</i>	CV	11,99	16,99	11,82	12,46	8,99	19,89	16,40	18,61
	Sx	0,02	0,07	0,03	0,08	0,02	0,16	0,17	0,10

**Nota. Long:** medición en la cara longitudinal; **Rad:** medición en la cara radial; **Tang:** medición en la cara tangencial; **Vol:** contracción volumétrica total; **Rela. T/R:** relación entre las caras tangencial y radial.

*Fuente:* La autora.

Tabla 7. Resultados de contracción de las tres especies forestales, donde se presenta la contracción volumétrica, esto se debe a los cambios dimensionales, que fueron sometidas a diferentes actividades al secado y se clasifican de acuerdo al rango entre la relación tangencial/radial (T/R).

Los resultados obtenidos en la contracción longitudinal total (Long. T), *Magnolia chiguila* presentó una media de 0,69 %; *Ocotea pacifica* de 1,05 % y *Psidium occidentale* con una media de 1,05 %; se puede mencionar que las tres especies investigadas tiene una relación parecida entre sus medias, por lo que se refiere variación de contracción, o que se contrae longitudinalmente entre *Ocotea pacifica* y *Psidium occidentale*, a diferencia de *Magnolia chiguila*. (Ver anexos 27, 38 y 49).

La contracción radial total (Rad. T) de *Magnolia chiguila* fueron de 1,61 %; en comparación con otras especies *Magnolia poasana* su contracción radial (CR) es de 0,06 %; *Michelia champaca* su CR es de 3,2 % (Acosta, 1972); en este caso se puede observar que existe relación entre las tres especies, por lo que se puede afirmar que la contracción radial hasta el 5%, su variación es débil. (García, 2003).

Además como referencia en características microscópicas con Acosta, (1967), *Magnolia poasana*, su porosidad es difusa, poros de tamaño y distribución en general uniforme. Vasos: muy poco numerosos solitarios y en múltiplos radiales de 2-5 poros (mayoría 2-3 poros); diámetro similar al ancho de los radios más ancho, las diferentes composición anatómicas y hace la variación de la contracción o los cambios dimensionales.

*Ocotea pacifica* su Radial Total presentó una media de 1,80 % (Ver anexos 39); así como referencia se tiene a *Nectandra sp.* Su CR es de 4,2%; *Ocotea austinii*, CR de 4,8% (Acosta, 1972); *Aniba panurensis*, *Nectandra. cf membranaceae*, *Ocotea. cf myriantha K*, la CR total de las tres especies mencionadas es de 3,31 % (Solorzano, Suárez, y Mogollon, 2016); *Nectandra spp* contracción radial total es de 3,9 %; (ITTO, 2012). En este caso se puede observar que la variación es mayor con respecto a *Ocotea pacífica*, pero se considera débil en función de lo que menciona García (2003). (Ver anexos 39).

*Psidium occidentale* obtuvo una media de radial total (Rad. T) fue 1,75 % (Ver anexos 50); por otra parte, *Myrcianthes fragans (Sw) McVaugh*, (Honduras), su contracción radial 3,10%; la misma especie estudios realizados en Perú, registra una contracción radial es de 4,78%; entre las dos especies mencionadas tiene concordancia en su variación dimensional.

En la contracción tangencial total (Tang. T) *Magnolia chiguila* presentó una media de 1,75 % (Ver anexos 30); en comparación de *Magnolia poasana* contracción tangencial (CT) de 7,00%; *Michelia champaca* su contracción tangencial total es de 5,2 % (Acosta, 1972); se deduce que las tres especies presentan incompatibilidad en sus valores de menor a mayor variación. Pero García, (2003) afirma que la variación es importante hasta el 10 %.

*Ocotea pacifica* su media es de 2,15 % en la contracción Tang. T (Ver anexos 40); para comprobar entre otras especies como *Nectandra sp* su C.Tang.es de 7,5 %; *Ocotea austinii* su C. Tang es de 9,5% (Acosta, 1972); *Aniba panurensis*, *Nectandra. cf membranaceae*, *Ocotea. cf myriantha K*, la C. Tang es de 6,27 % (Solorzano, Suárez, y Mogollon, 2016). *Nectandra spp* contracción tangencial total de 8,1%; (Organización internacional de maderas tropicales (ITTO, 2012). En este caso se ratifica que las especies mencionadas su variación es de menor a mayor los cambios en la variación tangencial.

Mientras que para *Psidium occidentale* su Tang. T fue de 2,12 % (Ver anexos 51); en otras especies *Myrcianthes fragans (Sw) McVaugh*, (Honduras), la contracción tangencial es de 10%; misma especie estudios realizados en Perú, su contracción tangencial es 10,73%; por lo que se puede demostrar la especie investigada es menor en su variación con respecto a *Myrcianthes fragans (Sw) McVaugh* se denota que su valor es mayor en la contracción (Kuniyoshi, 2004).

Datos obtenidos en la contracción volumétrica total (CVT) de *Magnolia chiguila* fue 2,36%; *Ocotea pacifica* su contracción volumétrica es de 2,77 %; *Psidium occidentale* su contracción volumétrica fue 2,72 %; las tres especies investigadas se afirma que su medias son representativas y homogéneas, por lo que se afirma que sus rango son menores del 10% y son maderas de bajo contracción volumétrica, (Ver tabla 7; 30, 41 y 52).

*Nectandra acutifolia*, su contracción volumétrica 8,06%, (Ganzhí, 2006 y MAE, 2014). *Aniba panurensis*, *Nectandra. cf membranaceae*, *Ocotea. cf myriantha K*, sus contracciones volumétricas es de 10,28%; las especies mencionadas con anterioridad se diferencia con valores menores, hace una reseña que son maderas de débil o bajo contracciones volumétricas que se menciona (García, 2003 Y Juela, 2015).

*Myrcianthes fragans (Sw) McVaugh*, (Honduras) su contracción volumétrica total es 14,6%; misma especie estudios basados en Perú, su contracción volumétrica es de 14,70%(Kuniyoshi, 2004); se puede afirmar que a pesar que se encuentran en distintos

lugares sus contracciones volumétricas, presentan valores iguales, como referencia su clasificación son de maderas de fuerte contracción volumétrica (García, 2003 Y Juela, 2015). Según el coeficiente de contracción tangencial en relación radial (CT/CR) *Magnolia chiguila* su media es de 1,20 %; además como información tenemos *Magnolia poasana* su CT/CR es de 2,1% y *Michelia champaca* su CT/CR es de 1,6 % Acosta, (1972); como se detalle de las tres especies sus cambios dimensionales va de muy estable a estable (< 1,5 muy estable; 1,5 a 2 estable), como correlación al momento del secado es muy favorable (Juela, 2015) (Ver tabla 7; 31, 42 y 53).

En *Ocotea pacifica* su CT/CR fue 1,27 % (Ver anexos 42); en comparación con otras especies *Nectandra sp* su CT/CR es de 1,8% (ITTO, 2012); *Ocotea austinii*, su CT/CR es de 2,0% (Acosta, 1972); *Nectandra acutifolia* CT/CR 2,22 % (Ganzhí, 2006 y MAE, 2014); *Aniba panurensis*, *Nectandra. cf membranaceae*, *Ocotea. cf myriantha K*, las tres especies mencionadas su CT/CR es de 1,94 %, (Solorzano, Suárez, y Mogollon, 2016); *Nectandra spp* la estabilidad dimensional o CT/CR es de 2,1% (ITTO, 2012); en relación con los cambios dimensionales que presentan estas especies, se encuentra en un rango de clasificación de muy estable a moderadamente estable, es decir no es desfavorable en el secado (Juela, 2015)

Mientras que *Psidium occidentale* su CT/CR fue 1,42 % (Ver anexos 53); otras especies como referencia *Myrcianthes fragans (Sw) McVaugh*, (Honduras), en relación CT/CR es de 2,07%, La misma especie estudios basados en Perú, en CT/CR es de 2,34%; las dos especies mencionadas, se encuentran clasificadas como maderas duras, por lo que hace referencia que sus cambios dimensionales sus rangos están de estables a moderadamente estable (Juela, 2015).



## 4.2 Comparación de las propiedades de la madera en estudio.

Para este proceso del estudio se aplicó el análisis estadístico de la prueba de t-Student, ya que se consideró el tamaño de la muestra es pequeño; por lo que se obtuvo los resultados que se presentan en la tabla 8A, 8B. (Resultados de significancia de las propiedades físicas).

Se observa que *Magnolia chiguila* y *Ocotea pacífica*, son estadísticamente diferentes a *Psidium occidentale* en lo que respecta a contenido de humedad seco al aire (CH-SA), densidad verde (DV), densidad seco al aire (DSA), densidad seco al horno (DSH) y densidad básica (DB); mientras que únicamente para contenido de humedad seco al horno (CH-SH), las tres especies presentaron similitud estadística. En cambio las especies *Magnolia chiguila* y *Ocotea pacífica* en todos los parámetros son estadísticamente similares al 95 % de probabilidad estadístico. Este comportamiento se debe principalmente a que las *Magnolia chiguila* y *Ocotea pacífica*, como ya se mencionó, se encuentran en el mismo grupo de densidad (C), por lo tanto presentan un comportamiento similar; mientras que *Psidium occidentale* se encuentra en el grupo A.

Tabla 8 A.  
Resultados significancia de la prueba de t-student.

	Comparación		Media		Tc	Sig. (95%) 2.052
	Especie 1	Especie 2	Especie 1	Especie 2		
CH-SA	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	5,67	5,17	0,76	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	5,67	3,78	3,53	*
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	5,17	3,78	3,2	*
CH-SH	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	48,25	42,78	0,96	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	48,25	42,08	1,09	Ns
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	42,78	42,08	0,21	Ns
DV	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	0,68	0,57	1,87	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	0,68	1,01	-5,93	*
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	0,57	1,01	-13,18	*
DSA	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	0,66	0,55	1,79	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	0,66	0,98	-6,02	*
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	0,55	0,98	-12,8	*
DSH	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	0,50	0,44	1,65	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	0,50	0,77	-9,65	*
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	0,44	0,77	-14,22	*
DB	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	0,46	0,4	1,89	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	0,46	0,71	-12,39	*
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	0,40	0,71	-14,54	*

**Nota. Sig:** significancia; **Ns:** no significativo; **CH:** contenido de humedad; **SA:** seco al aire; **SH:** seco al horno.

*Fuente:* La autora.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 8B, las tres especies investigadas presentan diferencias significativas al 95% de probabilidad estadística en las contracciones Long. N y Long. T a excepción de la comparación entre *Ocotea pacífica* y *Psidium occidentale*; así como también en los parámetros Tang. N y la relación T/R en *Magnolia chiguila* y *Ocotea pacífica* además de la contracción Tang. N en *Ocotea pacífica* y *Psidium occidentale*. Por el contrario para los demás parámetros analizados, no se registraron diferencias significativas en función de la prueba aplicada

Tabla 8 B.

Resultados significancia de la prueba de t-student.

	Comparación		Media		Tc	Sig. (95%) 2.052
	Especie 1	Especie 2	Especie 1	Especie 2		
Long. N	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	0,2	0,41	-4,21	*
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	0,2	0,26	-2,16	*
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	0,41	0,26	2,78	*
Long. T	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	0,66	1,12	-3,64	*
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	0,66	1,17	-4,45	*
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	1,12	1,17	-0,35	Ns
Rad. N	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	0,56	0,56	-0,01	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	0,56	0,48	0,82	Ns
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	0,56	0,48	1,25	Ns
Rad. T	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	3,14	3,29	-0,27	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	3,14	3,05	0,15	Ns
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	3,29	3,05	0,56	Ns
Tang. N	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	0,5	0,64	-2,77	*
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	0,5	0,49	0,04	Ns
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	0,64	0,49	2,61	*
Tang. T	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	3,72	4,72	-1,23	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	3,72	4,38	-0,71	Ns
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	4,72	4,38	0,39	Ns
VOL.T	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	6,72	7,84	-0,87	Ns
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	6,72	7,28	-0,4	Ns
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	7,84	7,28	0,46	Ns
T/R	<i>Magnolia_c</i>	<i>Ocotea_p</i>	1,4	1,67	-2,38	*
	<i>Magnolia_c</i>	<i>Psidium_o</i>	1,4	1,74	-1,71	Ns
	<i>Ocotea_p</i>	<i>Psidium_o</i>	1,67	1,74	-0,34	Ns

**Nota. Long. N:** longitud normal; **Vol. T:** volumétrica total; **T/R:** relación tangencial/radial.

Fuente: La autora.

Además estudios realizado por Cuasquer, (2017), en la “Descripción anatómica y organoléptica de las tres especies” menciona que *Magnolia chiguila* presentó: un “veteado en arcos superpuestos y presencia de destellos dorados; grano recto a ondulado y textura media. Poros simples y múltiples radiales; porosidad radial; parénquima apotraqueal en bandas y radios tipo III de Kribs”. *Ocotea pacifica* mostró: un “veteado líneas verticales; grano recto y textura media. Poros simples y escasos múltiples; porosidad oblicua; parénquima unilateral vasicéntrico y confluyente; radios tipo II y III de Kribs. Para *Psidium occidentale* demostró: un “veteado líneas verticales con tendencia a arcos superpuestos;

grano recto y textura media fina. Poros simples; porosidad difusa y oblicua; parénquima apotraqueal difuso y radios tipo I y II de Kribs”.

En relación con estas características anatómicas mencionadas por el autor, hace referencia que las tres especies son diferentes en la composición macro- y microscópicas. En este caso se puede afirmar y relacionar con los resultados obtenidos de las propiedades físicas y del análisis estadístico t-student, se consiguió comprobar sus diferencias significativas al 95% de probabilidad estadístico, ya que hace un mayor énfasis de la hipótesis alternativo. Así mismo durante el proceso de secado se observó ciertos defectos, *Magnolia chiguila*, a una temperatura de 103°C, se presenta el 4,00 %, rajaduras o grietas en las probetas. Mientras que la especie de *Ocotea pacifica* presenta 16,00 % de rajaduras y *Psidium occidentale*, es el más alto porcentaje representativo en defectos de rajaduras, se manifestó con un 24,00%, causando grietas, en relación tangencial/ radial (T/R). Por lo que se puede afirmar que estos defectos que se demostró al momento de secar la madera, es debido que presenta una mayor rango de heterogeneidad de radios (altura y ancho), poros (poros/mm<sup>2</sup>), porosidad y parénquimas (Cuasquer, 2017).

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

En las tres especies forestales se determinó un contenido de humedad homogéneo, en tanto que *Magnolia chiguila* presentó mayor estabilidad dimensional. En lo referente a la densidad básica *Psidium occidentale* fue clasificada como madera dura; mientras que *Ocotea pacífica* y *Magnolia chiguila*, de mediana densidad.

Al realizar las pruebas estadísticas se determinaron que *Magnolia chiguila* y *Ocotea pacífica* presentaron un comportamiento similar, a su vez, *Psidium occidentale* mostró un comportamiento diferente; lo que indica que las especies fueron estadísticamente diferentes.

La madera aserrada de *Magnolia chiguila*, presento defectos en las características anatómicas, presencia de hongos expuesta al secado bajo sombra, durante un periodo de tiempo de dos días.

#### 5.2 RECOMENDACIONES

Se debe tener cuidado con el manejo de la especie *Psidium occidentale*, durante el proceso de aserrado debido a que puede producir daños en la maquinaria, en vista que esta especie contiene sílice, por lo que se dificulta el aserrado.

Se sugiere realizar otros estudios en tecnología de la madera en lo referente las propiedades acústicas y propiedades mecánicas por ejemplo: resistencia, tracción, trabajabilidad de la madera, comportamiento frente al secado, y preservación de las tres especies investigadas.

Se recomienda realizar un método de secado con la especie de *Magnolia chiguila*, ya que su madera es propensa al ataque de hongos debido a la presencia de la humedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Acosta, I. (1967). *Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica*. Costa Rica: primera edición.
- Aguirre, C., & Vizcaíno, M. I. (2009). Aplicación de medidores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales. en g. v. tafur, *aplicación de medidores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales*. (pág. 193). Ibarra: Primera.
- Asamblea Nacional República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Ecuador: Asamblea Constituyente.
- Avances en Ciencias e Ingenierías (ACI). (2016). Árboles amenazados del choco Ecuatoriano. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 5 - 8.
- Aylas, R., & Bendejú, J. (2008). "*Anatomía, propiedades físicas y mecánicas de Matisia bicolor Ducke (Malvaceae) y Myrcianthes fragans (Sw) McVaugh (Myrtaceae) comunidad nativa Coriteni Tarso- Satipo*". Perú: primera edición.
- Cadena, S., & Enriquez, M. (2013). *Efecto de azolla sp, en la productividad y mejoramiento del suelo en la granja experimental Yuyucocha, Imbabura*. Ibarra: Primera edición.
- Campos, C. A. (2015). *Patente n° 205*. Mexico.
- Cardoso, A., Cagno, M., Cárdenas, P., & Gatto, F. (2013). Contracción, hinchamiento y peso específico aparente de madera de eucalipto colorado (*Eucalyptus tereticornis* Smith). *Departamento de proyectos forestales, Revista de laboratorio tecnológico del Uruguay, LATU; Uruguay*, 4-12.

- Código Orgánico del Ambiente. (12 de Abril de 2107). *Código orgánico del Ambiente*. Recuperado de [http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)
- Contreras, Cloquell & Contreras, (2010). *Madera aserrada; Características y propiedades*
- COPANT. (1972). Comisión Panamericana de Normas Técnicas. In..
- Cuasquer J. (2017). Descripción anatómica y organoléptica de tres especies maderables de la zona de Intag noroccidente de Ecuador. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.
- Ganzhí, J. (2006). " *Estudio anatómico de las especies arbóreas del bosque nublado de la estación científica San Francisco*". Loja- Ecuador: Primera edición.
- García, J. J. (2003). *La madera y materiales derivados en la fabricación de soportes artísticos: aportación estructural y estética*. Madrid: primera.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Ibarra. (GADI), (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón*. Ibarra.
- Hernández Gurruchaga, H. (2010). El mañana es la edad de la madera. *Madera. Ciencia y tecnología* 12(2), 67-68.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2011). *Sistema de clasificación y calificación de maderas aserradas provenientes de bosques húmedos tropicales*. Ecuador: Primera.
- Jarpa, F. F. (s.f). *Laminas finales*. Obtenido de Laminas: [https://wiki.ead.pucv.cl/images/c/c2/Laminas\\_trabajos.pdf](https://wiki.ead.pucv.cl/images/c/c2/Laminas_trabajos.pdf)
- Juela T. (2015). Determinación de las propiedades físicas de la madera de *Eucalyptus saligna* Smith en la provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

- Kuniyoshi, K. J. (2004). *Estudio ecológico, silvícola y usos de guayabillo (myrcianthes fragans Sw) Mc Vaugh, en bosques latifoliados de Honduras*. Honduras: primera edición.
- Ministerio del Ambiente (MAE). (2014). *Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales*. Quito- Ecuador: primera edición.
- Ministerio del ambiente del Ecuador (MAE); Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) . (2014). *Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales*. Quito - Ecuador: Primera edición.
- Organización internacional de maderas tropicales (ITTO). (2014). Tropical timber. *Nectandra ssp*, sf.
- Organización internacional de maderas tropicales (ITTO). (2012). Tropical timber. *Chempaka (Michelia champaca)*.
- Ortiz, V. P. (14 de abril de 2019). *issuu*. Obtenido de Ciencia, tecnología sociedad: <https://issuu.com/paoviviana/docs/revistaaaaa>
- Paguay I. (2013). Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tres especies forestales Andina. platuquero (*Styloceras sp*), yagual (*polylepis racemosa*), nogal (*Juglans neotropica*). ESPOCH. Chimborazo.
- Peña, S. V. (2017). Madera aserrada: características y propiedades. *ResearchGate*, 43.
- Pérez Castañeda, Á. J. (2015). Taxonomía y conservación de la familia Magnoliaceae en el Ecuador. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, 16 - 28.
- Plan Nacional de Desarrollo. (2017-2021). *Plan Nacional de Desarrollo*. Ecuador: SENPLADES.



- Pucha, D. (miércoles, 26 de febrero de 2020). *Estructura de la madera mostrando sus tres planos; transversal, tangencial y radial, así como anillos de crecimiento y el eje longitudinal*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Estructura-de-la-madera-mostrando-sus-tres-planos-transversal-Tr-tangencial\\_fig1\\_329999339](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Estructura-de-la-madera-mostrando-sus-tres-planos-transversal-Tr-tangencial_fig1_329999339)
- Puchaicela, C. Á. (2013). *Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico-mecánicas de cinco especies maderables en bosques secundarios del cantón Zamora*. Zamora- Ecuador: Primera edición.
- Quema G. (2016). Evaluación de características anatómicas, y propiedades físicas - químicas de dos especies forestales de la Amazonía Ecuatoriana. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.
- Salazar, C., & del Castillo, S. (2018). *Fundamentos básicos de estadística*. Quito: Primera edición.
- Sotelo P. (2016). Determinación de las propiedades físicas-químicas y de trabajabilidad de *carapa amorphocarpa* w. palacios, en el Noroccidente del Ecuador. Universidad Técnica del Norte. Ecuador

## ANEXOS

*Ilustración 1.*

Lista de las especies a aprovechar dentro del plan.

**Cuadro 1. Árboles verificados del programa PCAR16490033270.**

A. Verificación de árboles seleccionados para aprovechar									
No. de árbol	ESPECIE		DAP (cm)		Hc (m)		Puntos GPS		Estado del árbol
	Oficina	Campo	Oficina	Campo	Oficina	Campo	X	Y	
4	Manzano colorado	Manzano colorado	57	57	10	10	738504	10029568	P
6	Manzano colorado	Manzano colorado	57	56	15	12	738492	10029611	P
7	Manzano colorado	Manzano colorado	64	67,5	15	17	738599	10029617	P
10	Manzano colorado	Manzano colorado	83	83	10	10	738548	10029662	P
13	Manzano colorado	Manzano colorado	68	79	10	12	738491	10029724	P
14	Manzano colorado	Manzano colorado	66	71	12,5	14	738478	10029725	P
15	Manzano colorado	Manzano colorado	100	107	17,5	18	738416	10029733	P
17	Manzano colorado	Manzano colorado	70	75	15	14	738390	10029770	P
19	Manzano colorado	Manzano colorado	80	89	15	17	738366	10029787	P
44	Copal	Copal	91	84	15	16	738203	10030011	P
48	Manzano colorado	Manzano colorado	60	60	10	12	738174	10030021	P
50	Chirimoyo	Chirimoyo	54	61	7,5	9	738171	10030078	P
79	Canelo	Canelo	95	94	10	10	738114	10030203	P
72	Chirimoyo	Chirimoyo	127	135	17,5	17	738033	10030319	P
68	Higueron	Higueron	60	60	17,5	17	738010	10030339	P
62	Higueron	Higueron	48	60	17,5	17	737955	10030287	P
58	Achotillo	Achotillo	64	63	17,5	18,5	738015	10030152	P
55	Manzano colorado	Manzano colorado	75	83	12,5	14	738090	10030134	P
34	Copal	Copal	111	120	15	16	738170	10029759	P
33	Canelo	Canelo	103	110	10	10	738176	10029771	P
29	Guayabillo	Guayabillo	62	63	10	10,5	738182	10029568	P

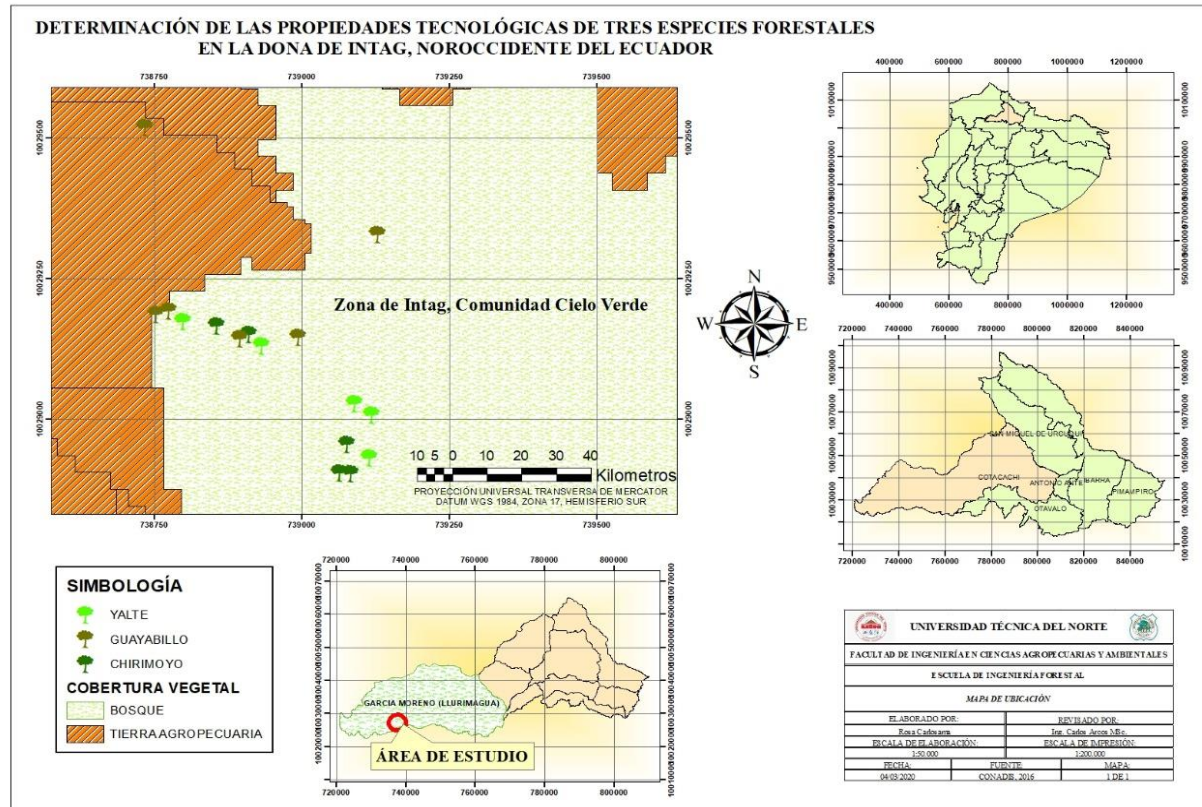
P= En ple

**Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura**

Av. Mariano Acosta 12-57 y Av. Fray Vacas Galindo  
Telfs.: 062 - 607 571 / 062 950 551  
[www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec)

Cuadro de las especies aprovechadas  
Fuente: MAE, (2017).

Ilustración 2.  
Mapa de georeferenciación de los árboles.



Mapa de ubicación de las tres especies.  
Fuente: La autora.

*Anexo 1*  
Selección y tumba de los árboles.



Apeo de los arboles seleccionados.  
*Fuente:* La autora.

*Anexo 2.*  
Dimensionado de los bloques de madera.



Bloques de madera  
*Fuente:* La autora.

*Anexo 3*

Embalaje de los bloques de madera.



El embalaje evita la pérdida de humedad

*Fuente:* La autora.

*Anexo 4.*

Codificación de los bloques.



Números de árboles y especie.

*Fuente:* La autora.

Anexo 5.

Recolección de las muestras botánicas de la especie *Ocotea pacífica*.



Características macroscópicas de la especie de *Ocotea pacífica*.

Fuente: La autora.

Anexo 6.

Recolección de muestras botánicas de la especie de *Magnolia chiguila*



Características morfológicas de la especie de *Magnolia chiguila*.

Fuente: La autora.

Anexo 7.

Recolección de muestras botánicas de *Psidium occidentale*



Características morfológicas de la especie de *Ocotea pacífica*

Fuente: La autora.

Anexo 8.  
Extracción del material con acémilas.



Carga de bloques codificados.  
*Fuente:* La autora.

Anexo 9.  
Carga y transporte de los bloques de madera.



Traslado al aserradero Granja experimental Yuyucocha  
*Fuente:* La autora.

Anexo 10  
Descarga de bloques, Central maderera Experimental Granja Yuyucocha.



Apilacion de bloques en aserradero  
*Fuente:* La autora.

*Anexo 11*

Canteado de los bloques de madera.



Proceso de elaboración de las probetas

*Fuente:* La autora.

*Anexo 12.*

Apilación de bloques por especies codificados.



Clasificación de bloques por especie.

*Fuente:* La autora.



*Anexo 13.*

Preparación y codificación de las probetas.



Proceso de madera aserrada

*Fuente:* La autora.

*Anexo 14.*

Dimensionado y corte de las probetas.



Medición de longitud y corte de la probeta

*Fuente:* La autora.

*Anexo 15.*

Embalaje de las probetas: peso, medición en estado verde y seco al aire.



Peso, medición de probetas en estado verde y seco al aire.

*Fuente:* La autora.

*Anexo 16.*

Probetas seco al horno.



Proceso de seco al horno

*Fuente:* La autora.

Anexo 17.

Medición de las probetas seco al horno



Peso y medición en estado seco al horno

Fuente: La autora.

Anexo 18.

Etiquetación de la especie *Ocotea pacífica*.



Muestras botánicas de *Ocotea pacífica*

Fuente: La autora.

Anexo 19.

Etiquetación de la especie de *Magnolia chiguila*.



Muestras botánicas de *Magnolia chiguila*

Fuente: La autora.

Anexo 20.

Etiquetación de la especie de *Psidium occidentale*.



Muestras botánicas de *Psidium occidentale*

Fuente: La autora.

## Anexos 2. Resultados

Anexo 21.

Contenido de humedad seco al aire de *Magnolia chiguila*.

Árbol	Contenido de humedad		
	SA	Rango	
		%	
A2		6,96	A
A7		6,86	B
A1		6,62	C
A3		6,54	C
A5		4,35	D
A6		4,21	D
A4		4,15	D
Media		5,67	
S		1,35	
CV		23,81	
Sx		0,51	

Contenido de humedad Seco al aire (SA), en porcentaje.

Fuente: La autora

Anexo 22.

Contenido de humedad seco al horno de *Magnolia chiguila*.

Árbol	Contenido de humedad		
	SH	Rango	
		%	
A7		66,59	A
A5		65,75	A
A6		50,63	B
A4		47,64	C
A3		36,75	D
A2		36,50	D
A1		33,88	E
Media		48,25	
S		13,695	
CV		28,38	
Sx		5,1763	

Contenido de humedad seco al horno expresado en porcentaje.

Fuente: La autora

Anexo 23.

Densidad verde de *Magnolia chiguila*.

---

Árbol	DV g/cm <sup>3</sup>	Rango
A7	0,85	A
A5	0,79	B
A4	0,76	C
A6	0,74	D
A1	0,54	E
A3	0,54	E
A2	0,54	E
Media	0,68	
S	0,13427	
CV	19,6579	
Sx	0,05075	

---

Resultados de la densidad en estado verde

Fuente: La autora

Anexo 24.

Densidad seco al aire de *Magnolia chiguila*.

---

Árbol	DSA g/cm <sup>3</sup>	Rango
A7	0,81	A
A5	0,77	B
A4	0,74	C
A6	0,72	D
A3	0,52	E
A1	0,52	E
A2	0,51	E
Media	0,66	
S	0,13	
CV	20,45	
Sx	0,05	

---

Densidad seco al aire (DSA)

Fuente: La autora

Anexo 25.

Densidad seco al horno de *Magnolia chiguila*.

Árbol	<b>DSH</b> <b>g/cm<sup>3</sup></b>	Rango
A4	0,57	A
A7	0,56	B
A6	0,55	C
A5	0,53	D
A1	0,43	E
A3	0,42	F
A2	0,42	F
Media	0,50	
S	0,07	
CV	14,412	
Sx	0,0271	

Densidad anhidra (DSH)

Fuente: La autora

Anexo 26.

Densidad básica (DB) *Magnolia chiguila*.

Árbol	<b>DB</b> <b>g/cm<sup>3</sup></b>	Rango
A4	0,51	A
A7	0,51	B
A6	0,50	C
A5	0,48	D
A1	0,41	E
A3	0,40	F
A2	0,40	F
Media	0,46	
S	0,05	
CV	11,62	
Sx	0,02	

Densidad básica *Magnolia chiguila*.

Fuente: La autora

Anexo 27.

Contracción longitudinal normal y longitudinal total de *Magnolia chiguila*.

Árbol	Long Normal	Rango	Árbol	Long. Total	Rango
A4	0,31	A	A4	0,52	A
A5	0,33	B	A5	0,55	B
A3	0,40	C	A7	0,58	C
A2	0,40	C	A1	0,76	D
A1	0,40	C	A2	0,77	E
A6	0,46	D	A3	0,77	E
A7	0,51	E	A6	0,90	F
Media	0,40		Media	0,70	
S	0,07		S	0,14	
CV	17,25		CV	20,17	
Sx	0,03		Sx	0,05	

Contracción longitudinal normal y contracción longitudinal total

Fuente: La autora

Anexo 28.

Contracción radial normal y radial total de *Magnolia chiguila*.

Árbol	Rad. Normal	Rango	Árbol	Rad. Total	Rango
A4	0,55	A	A1	1,33	A
A1	0,62	B	A2	1,35	B
A2	0,63	C	A3	1,38	C
A5	0,65	D	A5	1,58	D
A6	0,65	D	A4	1,64	E
A3	0,68	E	A7	1,92	F
A7	1,03	F	A6	2,05	G
Media	0,68		Media	1,61	
S	0,16		S	0,29	
CV	23,25		CV	17,72	
Sx	0,06		Sx	0,11	

Valores de contracción radial normal y contracción radial total

Fuente: La autora



Anexo 29.

Contracción tangencial normal y tangencial total de *Magnolia chiguila*.

Árbol	Tang. Normal	Rango	Árbol	Tang. Total	Rango
A4	0,51	A	A2	1,44	A
A5	0,58	B	A3	1,44	A
A6	0,66	C	A1	1,45	B
A7	0,67	D	A5	1,81	C
A2	0,72	E	A4	1,96	D
A1	0,73	F	A7	1,97	E
A3	0,75	G	A6	2,16	F
Media	0,66		Media	1,75	
S	0,08		S	0,30	
CV	13,22		CV	17,28	
Sx	0,03		Sx	0,11	

Resultados de contracción tangencial normal y tangencial total.

Fuente: La autora

Anexo 30.

Contracción Volumétrica de *Magnolia chiguila*.

Árbol	Vol. Total	Rango
A2	1,96	A
A1	1,96	A
A3	1,98	B
A5	2,39	C
A4	2,53	D
A7	2,72	E
A6	2,94	F
Media	2,36	
S	0,40	
CV	16,95	
Sx	0,15	

Contracción volumétrica o cambios dimensionales

Fuente: La autora

Anexo 31.

Relación tangencial/radial de *Magnolia chiguila*.

Árbol	Rela. T/R	Rango
A6	1,12	A
A3	1,13	B
A2	1,16	C
A7	1,16	C
A1	1,18	D
A5	1,24	E
A4	1,36	F
Media	1,20	
S	0,08	
CV	7,08	
Sx	0,03	

Resultados de relación tangencial entre radial

Fuente: La autora

Anexo 32.

Contenido de humedad seco al aire de *Ocotea pacífica*.

Árbol	Contenido de humedad	
	SA %	Rango
A1	7,36	A
A7	5,51	B
A2	5,19	C
A5	4,74	D
A4	4,74	D
A6	4,64	D
A3	4,04	E
Media	5,18	
S	1,07	
CV	20,65	
Sx	0,40	

Resultados de contenido de humedad en estado seco al aire

Fuente: La autora

Anexo 33.

Contenido de humedad seco al horno de *Ocotea pacifica*.

Árbol	Contenido de humedad SH %	Rango
A7	50,37	A
A6	46,31	B
A5	46,04	B
A3	44,52	C
A2	44,47	C
A1	35,08	D
A4	32,66	E
Media	42,78	
S	6,43	
CV	15,04	
Sx	2,43	

Resultados seco al horno

Fuente: La autora

Anexo 34.

Densidad verde de *Ocotea pacifica*

Árbol	DV g/cm <sup>3</sup>	Rango
A3	0,65	A
A4	0,62	B
A7	0,61	C
A5	0,59	D
A6	0,55	E
A1	0,55	E
A2	0,44	F
Media	0,57	
S	0,07	
CV	12,16	
Sx	0,03	

Densidad verde de la especie de *Ocotea pacifica*

Fuente: La autora

Anexo 35.

Densidad seca al aire de *Ocotea pacifica*

<b>Árbol</b>	<b>DSA g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Rango</b>
A3	0,63	A
A4	0,60	B
A7	0,59	C
A5	0,58	D
A6	0,54	E
A1	0,52	F
A2	0,42	G
Media	0,55	
S	0,07	
CV	12,58	
Sx	0,026	

Valores de densidad seco al aire

Fuente: La autora.

Anexo 36.

Densidad seco al horno de *Ocotea pacifica*.

<b>Árbol</b>	<b>DSH g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Rango</b>
A4	0,51	A
A3	0,49	B
A5	0,45	C
A7	0,45	C
A1	0,43	D
A6	0,42	E
A2	0,34	F
Media	0,44	
S	0,06	
CV	12,70	
Sx	0,02	

Resultados de densidad anhidra

Fuente: La autora

Anexo 37.

Densidad básica de *Ocotea pacífica*.

Árbol	DB g/cm <sup>3</sup>	Rango
A4	0,47	A
A3	0,45	B
A5	0,41	C
A7	0,41	C
A1	0,41	C
A6	0,38	D
A2	0,30	E
Media	0,40	
S	0,05	
CV	13,30	
Sx	0,02	

Resultados de densidad básica

Fuente: La autora.

Anexo 38.

Contracción longitudinal normal y longitudinal total de *Ocotea pacífica*.

Árbol	Long. Normal	Rango	Árbol	Long. Total	Rango
A1	0,41	A	A1	0,76	A
A2	0,60	B	A2	0,89	B
A3	0,62	C	A3	1,06	C
A6	0,66	D	A4	1,08	D
A7	0,68	E	A5	1,16	E
A4	0,70	F	A7	1,18	F
A5	0,73	G	A6	1,20	G
Media	0,63		Media	1,05	
S	0,11		S	0,16	
CV	16,78		CV	15,42	
Sx	0,04		Sx	0,06	

Contracción longitudinal normal y total.

Fuente: La autora.

Anexo 39.

Contracción radial normal y radial total de *Ocotea pacífica*.

Árbol	Rad. Normal	Rango	Árbol	Rad. Total	Rango
A1	0,62	A	A1	1,33	A
A6	0,67	B	A3	1,70	B
A4	0,67	B	A5	1,82	C
A5	0,72	C	A6	1,84	D
A3	0,77	D	A4	1,87	E
A7	0,86	E	A7	1,97	F
A2	0,86	E	A2	2,06	G
Media	0,74		Media	1,80	
S	0,10		S	0,23	
CV	12,88		CV	13,01	
Sx	0,04		Sx	0,09	

Contracción radial normal y total

Fuente: La autora.

Anexo 40.

Contracción tangencial normal y tangencial total de *Ocotea pacífica*.

Árbol	Tang. Normal	Rango	Árbol	Tang. Total	Rango
A3	0,62	A	A1	1,42	A
A1	0,73	B	A2	2,11	B
A5	0,81	C	A4	2,18	C
A4	0,83	D	A7	2,21	D
A7	0,85	E	A6	2,24	E
A6	0,85	E	A5	2,28	F
A2	0,86	F	A2	2,60	G
Media	0,79		Media	2,15	
S	0,09		S	0,36	
CV	10,98		CV	16,61	
Sx	0,03		Sx	0,13	

Contracción tangencial normal y total

Fuente: La autora.

Anexo 41.

Contracción volumétrica de *Ocotea pacífica*.

Árbol	Vol. Total	Rango
A1	1,94	A
A3	2,69	B
A4	2,84	C
A6	2,87	D
A5	2,88	E
A7	2,92	F
A2	3,27	G
Media	2,77	
S	0,41	
CV	14,72	
Sx	0,15	

Resultados de contracción volumétrica total

Fuente: La autora.

Anexo 42.

Relación tangencial entre radial de *Ocotea pacífica*.

Árbol	Rela. T/R	Rango
A4	0,99	A
A1	1,17	B
A7	1,20	C
A6	1,32	D
A3	1,33	E
A5	1,41	F
A2	1,45	G
Media	1,27	
S	0,16	
CV	12,46	
Sx	0,06	

Cambios dimensionales de tangencia y radial

Fuente: la autora.

Anexo 43.

Densidad seco al aire de *Psidium occidentale*.

Árbol	Contenido de humedad	
	SA %	Rango
A3	4,70	A
A7	3,87	B
A6	3,79	C
A1	3,59	D
A4	3,57	D
A2	3,56	D
A5	3,35	E
Media	3,78	
S	0,4412	
CV	11,681	
Sx	0,1668	

Resultados de densidad seco al aire.

Fuente: La autora.

Anexo 44.

Contenido de humedad seco al horno de *Psidium occidentale*.

Árbol	Contenido de humedad	
	SH %	Rango
A4	48,73	A
A7	47,71	B
A1	43,81	C
A5	43,37	D
A2	43,17	E
A3	34,95	F
A6	32,80	G
Media	42,08	
S	6,0375	
CV	14,349	
Sx	2,282	

Valores contenido de humedad seco al horno (CH-SH)

Fuente: la autora.



Anexo 45.

Densidad verde de *Psidium occidentale*.

Árbol	DV g/cm <sup>3</sup>	Rango
A7	1,07	A
A4	1,05	B
A1	1,03	C
A5	1,01	D
A2	1,01	D
A6	0,94	E
A3	0,93	F
Media	1,005	
S	0,053	
CV	5,348	
Sx	0,020	

Valores de densidad verde

Fuente: La autora.

Anexo 46.

Densidad seco al aire de *Psidium occidentale*.

Árbol	DSA g/cm <sup>3</sup>	Rango
A7	1,05	A
A4	1,03	A
A1	1,00	A
A5	0,99	B
A2	0,99	B
A6	0,92	C
A3	0,90	D
Media	0,98	
S	0,05	
CV	5,60	
Sx	0,02	

Valores de densidad seco al aire

Fuente: La autora.

Anexo 47.

Densidad seco al horno de *Psidium occidentale*.

Árbol	DSH g/cm <sup>3</sup>	Rango
A7	0,83	A
A6	0,78	B
A4	0,77	C
A5	0,77	C
A1	0,76	D
A2	0,76	D
A3	0,74	E
Media	0,77	
S	0,03	
CV	3,77	
Sx	0,01	

Valores de densidad seco al horno

Fuente: La autora

Anexo 48.

Densidad básica de *Psidium occidentale*.

Árbol	DB g/cm <sup>3</sup>	Rango
A7	0,72	A
A1	0,72	A
A6	0,71	B
A4	0,71	B
A5	0,71	B
A2	0,71	B
A3	0,69	C
Media	0,71	
S	0,01	
CV	1,62	
Sx	0,004	

Cálculos de la media de la densidad básica.

Fuente: la autora.

Anexo 49.

Contracción longitudinal normal y longitudinal total de *Psidium occidentale*.

Árbol	Long. Normal	Rango	Árbol	Long. Total	Rango
A2	0,43	A	A5	0,77	A
A5	0,45	B	A4	0,85	B
A1	0,46	C	A7	1,02	C
A3	0,49	D	A1	1,14	D
A4	0,54	E	A6	1,17	E
A7	0,57	F	A3	1,20	F
A6	0,59	G	A2	1,21	G
Media	0,50		Media	1,05	
S	0,06		S	0,18	
CV	11,99		CV	16,99	
Sx	0,02		Sx	0,07	

Valores de cambios dimensionales longitudinales normal y total.

Fuente: La autora.

Anexo 50.

Contracción radial normal y radial total de *Psidium occidentale*.

Árbol	Rad. Normal	Rango	Árbol	Rad. Total	Rango
A4	0,56	A	A1	1,45	A
A2	0,64	B	A2	1,60	B
A3	0,66	C	A3	1,64	C
A5	0,72	D	A6	1,76	D
A1	0,77	E	A4	1,83	E
A7	0,77	E	A5	1,86	F
A6	0,78	F	A7	2,13	G
Media	0,70		Media	1,75	
S	0,08		S	0,22	
CV	11,82		CV	12,46	
Sx	0,03		Sx	0,08	

Valores de contracción radia y total.

Fuente: La autora.

Anexo 51.

Contracción tangencial normal y tangencial total de *Psidium occidentale*.

Árbol	Tang. Normal	Rango	Árbol	Tang. Total	Rango
A5	0,62	A	A1	1,58	A
A1	0,65	B	A2	1,69	B
A6	0,67	C	A3	1,95	C
A4	0,67	D	A5	2,18	D
A3	0,69	E	A6	2,19	E
A7	0,77	F	A4	2,44	F
A2	0,79	G	A7	2,79	G
Media	0,69		Media	2,12	
S	0,06		S	0,42	
CV	8,99		CV	19,89	
Sx	0,02		Sx	0,16	

Promedios de contracción tangencial normal y total.

Fuente: La autora.

Anexo 52.

Contracción volumétrica de *Psidium occidentale*.

Árbol	Vol. Total	Rango
A1	2,13	A
A2	2,31	B
A3	2,53	C
A6	2,78	D
A5	2,83	E
A4	3,01	F
A7	3,46	G
Media	2,72	
S	0,45	
CV	16,40	
Sx	0,17	

Resultado de la contracción volumétrica.

Fuente: La autora.

Anexo 53.

Relación tangencial y radial de *Psidium occidentale*.

Árbol	Rela. T/R	Rango
A2	1,14	A
A1	1,20	B
A5	1,22	C
A7	1,32	D
A4	1,59	E
A6	1,61	F
A3	1,84	G
Media	1,42	
S	0,26	
CV	18,61	
Sx	0,10	

Estimadores estadísticos de la relación tangencial y radial

Fuente: la autora.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**SA:** Seco al aire.

**SH:** Seco al horno (anhidro).

**DB:** Densidad básica.

**DSA:** Densidad seco al aire

**DSH:** Densidad seco al horno o anhidro.

**PSF:** Punto de saturación a la fibra.

**CH:** Contenido de humedad.

**CH-SA:** Contenido de humedad seco al aire

**CH-SH:** Contenido de humedad seco al horno o anhidro.

**Long. N:** Longitud normal.

**Long. T:** Longitud total.

**Tang. N:** Tangencial normal.

**Tang. T:** Tangencial total.

**C. T:** Contracción tangencial.

**C. R:** Contracción radial.

**Rad. T:** Radial total.

**Vol. T:** Volumétrica total.

**CR:** Contracción radial.

**Rela. T/R:** Relación entre las caras tangencial y radial.

**Ec:** Ecuación

**S:** Desviación estándar.

**CV:** Coeficiente de variación.

**Sx:** Error estándar de la media.

**COA:** Código orgánico del ambiente.

**MAE:** Ministerio del Ambiente.

**INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización.

**COPANT:** Comisión Panamericana de Normas Técnicas.

**GADCI:** Gobierno Autónomo Descentralizado Ciudad de Ibarra.

**UTN:** Universidad Técnica del Norte.