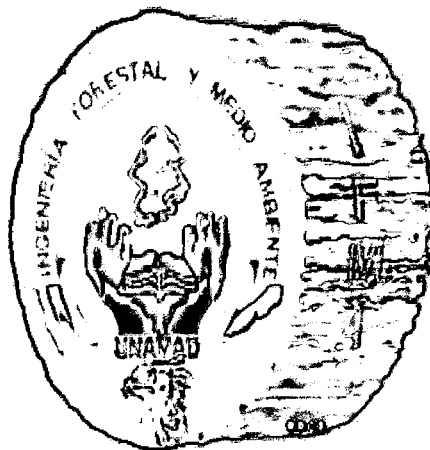


**Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente**

**TÍTULO:**

**“Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas de la Madera de  
*Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, de Dos Tipos de Bosque del Distrito  
Las Piedras – Madre de Dios”**

**Bach. Ives Quispe Gómez**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente

**Asesor: Mg. Ing. Emer Ronald Rosales Solórzano**

Docente adscrito de la Facultad de Ingeniería

**Co-Asesor: Ing. Leif Armando Portal Cahuana**

Docente adscrito de la Facultad de Ingeniería

Puerto Maldonado – Perú

2011





**ACTA DE SUSTENTACION PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**


En la ciudad de Puerto Maldonado, siendo las Diecisiete horas con cuarenta minutos del día diecinueve de agosto del año Dos mil once, en las instalaciones del Anfiteatro N° 01 de la ciudad universitaria de la UNAMAD, dando cumplimiento de la Resolución N° 102 – 2011 - UNAMAD – DFI, se reunieron los miembros del Jurado de integrado por los siguientes docentes:


ING. MISHARI GARCIA ROCA	(Presidente)
ING. GABRIEL ALARCON AGUIRRE	(Secretario)
ING. SAUL MANRIQUE LEON	(Vocal)

Con la finalidad de evaluar el Trabajo Profesional titulado “**Análisis Comparativo de las propiedades físicas de la madera de *Tetragastris altissima* Swartz, de dos tipos de Bosque del Distrito la Piedras – Madre de Dios** presentado por el Bachiller: **Ives Quispe Gómez**. de la exposición del trabajo por parte del sustentante se procede a realizar el cuestionamiento del trabajo por parte del jurado y el sustento por parte del responsable del trabajo de investigación. Acto seguido, el Jurado procede a la deliberación en base a una discusión de forma reservada y libremente, declarando el trabajo expuesto como **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **MUY BUENO** y la nota de **16**.

En fe de lo cual firmamos la presente acta, siendo las Dieciocho horas con treinta minutos del diecinueve de agosto del 2011, se dio por culminada el presente acto de sustentación.

  
Ing. Mishari García Roca  
PRESIDENTE

  
MSc. Ing. Gabriel Alarcón Aguirre  
SECRETARIO

  
Ing. Saúl Manrique León

VOCAL

*A Dios, a mi padre Domingo, quien me apoyo siempre y me dio la oportunidad de ser un profesional, a Jorge mi hijo, a mis hermanos Franklin e Iván y a Vanessa, a ellos por su apoyo en todo momento y por creer siempre en mi, gracias...*

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, que me cobijo dentro de sus aulas durante el periodo de estudios dándome la oportunidad de ser un profesional, a los docentes que me guiaron en este centro de estudios, gracias por todas sus enseñanzas.

A mi padre Domingo, quien me ha brindado siempre su apoyo, apoyo incondicional durante toda mi vida, a mi madre, a mis hermanos Franklin e Iván, a ellos les doy las gracias por todo y por ser lo que soy.

A mi tío Jorge, que a pesar de no estar físicamente con nosotros se que esta orgulloso y contento con la finalización de esta etapa.

A mi asesor Ing. Mg. Emer R. Rosales S., y co-asesor Ing. Leif A. Portal C., quienes, a pesar de tener su agenda muy ocupada me ayudaron y aconsejaron cuando lo necesitaba. Gracias profesores por su ayuda.

Al Ing. Cesar Chía y al Ing. Telésforo Vásquez, quienes me dieron su ayuda. Al Blgo. Hugo Dueñas, por su apoyo en la identificación botánica. Gracias de corazón...

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – IIAP, por brindarme las facilidades en la ejecución de este trabajo.

No puedo dejar de agradecer a mis abuelitos Macaria y Paulino, a mis tíos, en especial a mi tía Grimaneza, gracias por quererme como a un hijo, como olvidarme de Judith mi cuñada, gracias por ayudarme con Jorge, a mis sobrinos Arian y Tamira. Los Quiero Mucho.

A los señores que me apoyaron con el trabajo de campo, al Sr. Murrieta, Augusto, a mono y perico. Gracias por su ayuda.

A mis amigos, que me acompañaron en este largo camino en la Universidad, Vanessa quien siempre estuvo cuando la necesite, sin importar el día y la hora, a Linda, Shana, Nemín, Pomari, Javier y Roger, les doy gracias. Y a todos los demás que no nombre, gracias por compartir bellos momentos conmigo.

*¡Gracias Dios por iluminarme y cuidarme siempre!*



## PRESENTACIÓN

La región de Madre de Dios cuenta con una gran biodiversidad de especies forestales, sin embargo solo unas cuantas especies en la actualidad se están aprovechando, muchas de ellas no presentan estudios sobre características anatómicas, propiedades físicas y mecánicas que indiquen cuales son las alternativas de usos maderables adecuados para cada especie forestal, lo cual dificulta el uso o aprovechamiento de estas.

En cuanto se refiere a la demanda de productos forestales en un mercado mundial creciente y exigente en calidad, obliga a buscar alternativas orientadas a satisfacerlas. Una de las alternativas es recomendar y promocionar las maderas “no tradicionales” en el mercado nacional e internacional

En ese entender, el objetivo principal de la presente investigación fue: determinar comparar y analizar las propiedades físicas de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz de dos tipos de bosque del Distrito Las Piedras. Con el conocimiento de estas características nos va ha permitir conocer y recomendar el uso mas adecuado que se le puede dar a esta especie; asimismo servirá como una contribución al conocimiento tecnológico de las especies forestales y las posibilidades de diversificación de los productos forestales de la región.

Esperamos que la presente investigación se constituya en una herramienta útil a los poseedores y transformadores en la industria forestal, así como a todos los que están vinculados a la ingeniería forestal en sus distintos ámbitos puedan aprovecharla.

El Autor.

## INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	13
SUMMARY.....	14
INTRODUCCION.....	15
CAPITULO I	
1. MARCO TEORICO.....	17
1.1. Antecedentes de estudios similares en otras especies.....	17
1.2. Antecedentes de estudios en <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz.....	18
1.3. Propiedades físicas de la madera.....	19
1.3.1. Anisotropía.....	20
1.3.2. Contenido de humedad de la madera.....	21
1.3.3. Densidad de la madera.....	23
1.3.4. Contracción de la madera.....	26
1.3.5. Relación tangencial/radial (T/R).....	28
1.4. Patrones de variación de la madera.....	29
CAPITULO II	
1. MATERIALES Y METODOS.....	31
1.1. Características generales.....	31
1.1.1. Ubicación política.....	31
1.1.2. Clima.....	32
1.1.3. Suelos.....	32
1.1.4. Tipos de bosque.....	32
1.1.5. Información general de <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz.....	33
1.1.6. Procedencia del material experimental.....	34
1.1.7. Lugar de ejecución del proyecto.....	35
1.2. Materiales herramientas y equipos.....	35
1.2.1. Madera.....	35
1.2.2. Materiales de campo.....	35
1.2.3. Equipos para la obtención de probetas.....	36
1.2.4. Materiales de laboratorio.....	36
1.2.5. Materiales de gabinete.....	36
1.3. Metodología.....	37
1.3.1. Procedimientos.....	37
1.3.2. Determinación de las propiedades físicas de la madera de <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz.....	43
1.3.3. Fase de gabinete y procesamiento de resultados.....	47

### CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
3.1.	Contenido de humedad.....	49
3.1.1.	Contenido de humedad por árboles de sub-zonas.....	49
3.1.2.	Contenido de humedad por tipo de bosque.....	51
3.2.	Densidad.....	53
3.2.1.	Densidad por árboles de sub-zonas.....	53
3.2.2.	Densidad por tipo de bosque.....	55
3.3.	Densidad básica.....	57
3.3.1.	Densidad básica por árboles de sub-zonas.....	57
3.3.2.	Densidad básica por tipo de bosque.....	59
3.4.	Densidad anhidra.....	61
3.4.1.	Densidad anhidra por árboles de sub-zonas.....	61
3.4.2.	Densidad anhidra por tipos de bosque.....	63
3.5.	Contracción tangencial.....	64
3.5.1.	Contracción tangencial por árboles de sub-zonas.....	64
3.5.2.	Contracción tangencial por tipo de bosque.....	66
3.6.	Contracción radial.....	67
3.6.1.	Contracción radial por árboles de sub-zonas.....	67
3.6.2.	Contracción radial por tipo de bosque.....	69
3.7.	Contracción longitudinal.....	71
3.7.1.	Contracción longitudinal por árboles de sub-zonas.....	71
3.7.2.	Contracción longitudinal por tipo de bosque.....	72
3.8.	Contracción volumétrica.....	73
3.8.1.	Contracción volumétrica por árboles de sub-zonas.....	73
3.8.2.	Contracción volumétrica por tipo de bosque.....	75
3.9.	Relación tangencial/radial.....	77
3.9.1.	Relación tangencial/radial por árboles de sub-zonas.....	77
3.9.2.	Relación tangencial/radial por tipo de bosque.....	78
3.10.	Comparación de <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz con especies de similar densidad básica.....	80
3.11.	Comparación de <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz con especies de similar Relación T/R.....	81
	CONCLUSIONES.....	82
	RECOMENDACIONES.....	84
	BIBLIOGRAFIA.....	85
	ANEXOS.....	89

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N°01. Propiedades físicas.....	19
Cuadro N°02. Propiedades físicas.....	19
Cuadro N°03. Clasificación de la madera según su densidad básica.....	25
Cuadro N°04. Clasificación de la madera según su densidad anhidra.....	26
Cuadro N°05. Clasificación de la madera según su contracción volumétrica.....	28
Cuadro N°06. Clasificación de la madera según la Relación T/R.....	29
Cuadro N°07. Bloques seleccionados.....	38
Cuadro N°08. Determinación del volumen en los bloques.....	38
Cuadro N°09. Determinación de la población.....	39
Cuadro N°10. Determinación de la muestra según volumen total acumulado.....	39
Cuadro N°11. Número de muestras por sub-zona.....	40
Cuadro N°12. Coordenadas UTM de árboles seleccionados por bloque.....	40
Cuadro N°13. Código de árboles y trozas seleccionadas.....	41
Cuadro N°14. Viguetas seleccionadas por tablón central obtenido.....	42
Cuadro N°15. Codificación de probetas seleccionadas.....	42
Cuadro N°16. Codificación de árboles en gabinete.....	48



## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01. Comparación del CH entre árboles de sub-zonas.....	49
Gráfico N°02. Comparación del CH por tipo de bosque.....	51
Gráfico N°03. Comparación de la Densidad por árboles de sub-zonas.....	53
Gráfico N°04. Comparación de la densidad por tipo de bosque.....	55
Gráfico N°05. Comparación de la densidad básica por árboles de sub-zonas.....	57
Gráfico N°06. Comparación de la densidad básica por tipo de bosque.....	59
Gráfico N°07. Comparación de la densidad anhidra por árboles de sub-zonas.....	61
Gráfico N°08. Comparación de la densidad anhidra por tipo de bosque.....	63
Gráfico N°09. Comparación de la contracción tangencial por árboles de sub-zonas.....	64
Gráfico N°10. Comparación de la contracción tangencial por tipo de bosque.....	66
Gráfico N°11. Comparación de la contracción radial por árboles de sub-zonas....	67
Gráfico N°12. Comparación de la contracción radial por tipo de bosque.....	69
Gráfico N°13. Comparación de la contracción longitudinal por árboles de sub-zonas.....	71
Gráfico N°14. Comparación de la contracción longitudinal por tipo de bosque....	72
Gráfico N°15. Comparación de la contracción volumétrica por árboles de sub-zonas.....	73
Gráfico N°16. Comparación de la contracción volumétrica por tipo de bosque...	75
Gráfico N°17. Comparación de la relación T/R por árboles de sub-zonas.....	77
Gráfico N°18. Comparación de la relación T/R por tipo de bosque.....	78
Gráfico N°19. Comparación de <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz con especies de similar densidad básica.....	80
Gráfico N°20. Comparación de <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz con especies de similar Relación T/R.....	81

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°01. ANOVA del CH% por árboles de sub-zonas.....	50
Tabla N°02. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	50
Tabla N°03. ANOVA del CH% por tipo de bosque.....	51
Tabla N°04. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	52
Tabla N°05. ANOVA de la densidad por árboles de sub-zonas.....	53
Tabla N°06. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	54
Tabla N°07. ANOVA de la densidad por tipo de bosque.....	57
Tabla N°08. ANOVA de la densidad básica por árboles de sub-zonas.....	58
Tabla N°09. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	58
Tabla N°10. ANOVA de la densidad básica por tipo de bosque.....	59
Tabla N°11. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	60
Tabla N°12. ANOVA de la densidad anhidra por árboles de sub-zonas.....	61
Tabla N°13. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	62
Tabla N°14. ANOVA de la densidad anhidra por tipo de bosque.....	63
Tabla N°15. ANOVA de la contracción tangencial por árbol.....	64
Tabla N°16. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	65
Tabla N°17. ANOVA de la contracción tangencial por tipo de bosque.....	66
Tabla N°18. ANOVA de la contracción radial por árboles de sub-zonas.....	67
Tabla N°19. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	68
Tabla N°20. ANOVA de la contracción radial por tipo de bosque.....	69
Tabla N°21. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	70
Tabla N°22. ANOVA de la contracción longitudinal por árboles de sub-zonas.....	71
Tabla N°23. ANOVA de la contracción longitudinal por tipo de bosque.....	72
Tabla N°24. ANOVA de la contracción volumétrica por árboles de sub-zonas.....	74
Tabla N°25. Resultados de significancia vertical ( <i>Duncan</i> ).....	75
Tabla N°26. ANOVA de la contracción volumétrica por tipo de bosque.....	76
Tabla N°27. ANOVA de la relación T/R por árboles de sub-zonas.....	78
Tabla N°28. ANOVA de la relación T/R por tipo de bosque.....	79

## RESUMEN

El estudio se desarrolló y tuvo como objetivo evaluar, comparar y analizar las propiedades físicas y determinar los usos de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, de bosque de colina baja (BCb) y terraza alta (BTa) en los sectores de Lucerna y Varsovia, del distrito Las Piedras, provincia Tambopata - Madre de Dios.

La metodología y procedimiento se basó en determinar la población que estuvo constituida por 57 árboles del BCb y 127 del BTa, la muestra fue de dos árboles del BCb y cuatro del BTa; de cada árbol se obtuvo una troza de 1.30 m y de cada troza un tablón central de 15 cm de donde se extrajeron las viguetas. Las viguetas fueron marcadas, codificadas y transportadas al aserradero para su posterior despiece siguiendo las recomendaciones de la Norma NTP-251.009. En total se prepararon 288 probetas y se seleccionaron 120 probetas, es decir, 20 probetas por árbol; las probetas seleccionadas fueron aquellas que mostraron buena orientación tangencial, radial y estuvieron libres de defectos anatómicos y de secado. Para la determinación de las propiedades físicas se aplicaron las Normas NTP-251.010, NTP-251.011 y NTP-251.012; el ANOVA y Duncan para determinar que existe diferencia estadística en el nivel de 0.05% entre los promedios por tipo de bosque.

La propiedades físicas que presentaron diferencia estadística son: el CH% con 87.67% (BCb) y 81.56% (BTa), la densidad básica con 0.639 gr/cm<sup>3</sup> (BCb) y 0.666 gr/cm<sup>3</sup> (BTa) y la contracción radial con 5.83% (BCb) y 4.99% (BTa). Las propiedades físicas que no presentan diferencias estadística entre tipos de bosque son: la densidad con 1.199 gr/cm<sup>3</sup> (BCb) y 1.207 gr/cm<sup>3</sup> (BTa), la densidad anhidra con 0.773 gr/cm<sup>3</sup> (BCb) y 0.769 gr/cm<sup>3</sup> (BTa), la contracción tangencial con 9.82% (BCb) y 9.65% (BTa), la contracción longitudinal con 0.141% (BCb) y 0.135% (BTa), la contracción volumétrica con 15.79% (BCb) y 14.77% (BTa) y la relación T/R con 1.90 (BCb) y 1.99 (BTa). Por lo tanto, en base a las propiedades físicas determinados para la madera *T. altissima* (Aubl.) Swartz, de los dos tipos de bosque, se recomienda utilizar en: pisos (parquet, machihembrados y escaleras), elementos torneados (balaustrada, pasamanos), láminas de enchape, embarcaciones, construcciones (vigas, columnas y tijerales) y recubrimientos de exteriores.

**PALABRAS CLAVES:** Contenido de humedad, densidad básica, contracción volumétrica, usos y madera.

## SUMMARY

The study was conducted and aimed to evaluate, compare and analyze physical properties and uses of wood of *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, Low Hill Forest (BCb) and High Hill Forest (BTa) in the sectors of Lucerna and Varsovia, district Las Piedras, province Tambopata - Madre de Dios.

The methodology and procedure is based on determining the population that was consisting of 57 trees of the BCb and 127 the BTa, the sample was two BCb trees and four of the BTa; each tree was obtained a log of 1.30 m, and of each log, a central plank of 15 cm that was extract the joists. The joists were labeled, coded and transported to the sawmill for further cutting according the recommendations of the standard NTP-251 009. In total 288 samples were prepared and selected 120 samples, that's mean, 20 samples per tree specimens selected were those that showed good orientation tangential, radial and were free to defects anatomical and of dried. For the determination of physical properties applied were standards NTP-251.010, NTP-251.011 and NTP-251.012, the ANOVA and Duncan to determine that there is statistical difference level of 0.05% between the averages by forest type.

The physical properties presented to statistical difference are: CH% with 87.67% (BCb) and 81.56% (BTa), basic density 0.639 gr/cm<sup>3</sup> (BCb) and 0.666 gr/cm<sup>3</sup> (BTa) and the radial contraction of 5.83% (BCb) and 4.99% (BTa). The physical properties which do not differ statistically significantly between forest types are: density 1.199 gr/cm<sup>3</sup> (BCb) and 1.207 gr/cm<sup>3</sup> (BTa), anhydrous density 0.773 gr/cm<sup>3</sup> (BCb) and 0.769 gr/cm<sup>3</sup> (BTa), tangential contraction 9.82% (BCb) and 9.65% (BTa), the contraction longitudinal 0.141% (BCb) and 0.135% (BTa), the volumetric shrinkage 15.79% (BCb) and 14.77% (BTa) and the T/R relation 1.90 (BCb) and 1.99 (BTa). Therefore, based on the physical properties determined for the wood *T. altissima* (Aubl.) Swartz, the two forest types, is recommended to use in: floors (parquet, clic stairs), turned items (balustrade, handrails), veneer sheets, boats, construction (joists, beams, columns and trusses) bodywork and outdoor coatings.

**KEYWORDS:** Moisture content, basic density, shrinkage volumetric and wood uses.

## INTRODUCCION

Hasta hace poco tiempo, las personas dedicadas a trabajar con madera, estaban muy familiarizados con aquellas especies que se encontraban a su alrededor, siendo la costumbre la que llevaba a preferir una u otra madera, sin tomar en cuenta maderas que están presentes, pero que son poco conocidas o “no tradicionales” (Gutiérrez y Silva, 1999).

Con el presente estudio, se pretende reunir información básica y elementos necesarios para conocer el comportamiento físico de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz de dos tipos de bosque del Distrito Las Piedras, como una contribución al conocimiento tecnológico de las especies forestales de interés comercial con lo cual se podrá sugerir, probar, validar y difundir las posibilidades de diversificación de los productos forestales de la región lo que repercutirá en un beneficio directo a los poseedores y transformadores del recurso.

En la actualidad se reconoce la gran variabilidad de las propiedades de la madera tanto dentro del árbol como entre árboles de la misma especie y entre diferentes áreas geográficas, y podemos decir que con la determinación de las propiedades físicas de determinadas zonas geográficas se puede asignar los probables usos más adecuados a cada especie (Martínez *et al.*, 2007).

Uno de los caminos para obtener madera uniforme es el de restringirla fuente de extracción a determinadas especies y a determinadas zonas geográficas; otra forma de conseguirlo es la de utilizar madera de la misma edad para evitar los efectos debidos a la proporción de madera juvenil y madura; y también mediante prácticas silvícolas que influye en las condiciones de crecimientos de los árboles para que produzcan madera de mayor homogeneidad (Martínez *et al.*, 2007).

Debido a la enorme variabilidad presente en las distintas especies forestales, implica el gran inconveniente de tener que estudiar profundamente especie a especie para su conocimiento, pero por otro lado la gran ventaja de disponer de una extensa gama de propiedades, que pueden ser seleccionadas previamente, en función del producto final que se quiera obtener (Martínez *et al.*, 2007).

La necesidad de contar con una base de datos que nos permita la extracción del recurso forestal por cada zona geográfica nos planteamos las siguientes interrogantes: ¿Será posible comparar las propiedades físicas de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz entre los dos tipos de bosque? y ¿En cuál de estas propiedades físicas se dan las principales diferencias?

El estado fitosanitario del árbol y las condiciones atmosféricas presentes en cada zona geográfica juegan un papel muy importante en las propiedades físicas de la madera, y esto se percibe en los diferentes productos derivados de la industria manufacturera de la madera (Rivero, 2004).

El presente trabajo tiene por objetivo general determinar, comparar y analizar las propiedades físicas de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz de dos tipos de bosque del Distrito Las Piedras, Provincia de Tambopata, Departamento de Madre de Dios.

Para el cumplimiento del objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos: determinar el contenido de humedad, determinar la densidad, densidad básica y anhidra; determinar las contracciones tangencial, radial, longitudinal y volumétrica; y determinar la relación T/R, el análisis de los ensayos se tratarán por tipo bosque.

A los resultados obtenidos de la caracterización física de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz de los dos tipos de bosque se aplicará un análisis de varianza (ANOVA). En este análisis se compararán las variables numéricas en el nivel de significancia de 0.05%, se utiliza este análisis para corroborar si la significación de diferencias entre medias de árboles y tipos de bosque son o no significativas.



## CAPITULO I

### 1. MARCO TEORICO

#### 1.1. Antecedentes de estudios similares en otras especies.

Crespo *et al.* (2008) estudió las propiedades fisico-mecánicas de la madera de *Tectona grandis* L.F. (teca) procedente de Quevedo y Balzar. Los objetivos fueron: determinar el porcentaje de duramen y albura de los árboles, las propiedades físicas en estado verde y anhidro de la madera, las propiedades mecánicas en estado de equilibrio y las principales diferencias fisico mecánicas de la madera. Realizó un análisis de comparación de medias a través de la prueba de “t” a un nivel de significancia de 0.10. Los resultados mostraron que no existe diferencia significativa entre la madera de las dos zonas. Las principales diferencias se presentaron en: el contenido de humedad en estado anhidro, densidad en estado anhidro, peso específico básico, contracción tangencial total y contracción longitudinal total presentaron diferencias significativas; las demás variables no presentaron diferencias significativas y concluyo que, la madera de teca de Balzar presentó mejores propiedades físicas, en cambio la madera de teca de Quevedo presentó mejores propiedades mecánicas.

Asimismo, Crespo *et al.* (2008) realizó el estudio las propiedades fisico-mecánicas de la madera de Fernán Sánchez *Triplaris cumingiana* Fish. Mey.; procedente de Quevedo y Balzar. Los objetivos fueron: determinar el porcentaje de duramen y albura de los árboles, las propiedades físicas en estado verde y anhidro de la madera, las propiedades mecánicas en estado de equilibrio y las principales diferencias fisico mecánicas de la madera. Realizó un análisis de comparación de medias a través de la prueba de “t” a un nivel de significancia de 0.10. Los resultados mostraron que no existe diferencia significativa entre la madera de las dos zonas y las principales diferencias se presentaron en el contenido de humedad anhidro y la densidad en estado verde presentaron diferencias significativas; las demás variables no presentaron diferencias significativas, y concluyo que, en

general, la madera de Fernán Sánchez de Balzar presentó mejores propiedades físicas y mecánicas que la de Quevedo.

Lo anterior, permite concluir que las diferencias encontradas en los estudios de las propiedades físico-mecánicas son debidas a las condiciones ambientales ya que son diferentes en Quevedo y Balzar, por ello el resultado varía según la zona geográfica.

Martínez *et al.* (2007) realizó un estudio de “Variabilidad de las propiedades físico-mecánicas de la madera de cuatro regiones de procedencia de *Pinus pinaster* Aiton”. Los resultados muestran que, se han encontrado diferencias significativas entre procedencias y entre árboles para todos los caracteres físico-mecánicos analizados en la madera de las cuatro regiones de procedencia de *Pinus pinaster* Aiton. La procedencia de la madera explica más del 50% de la variación total hallada en la densidad y en el módulo de elasticidad. La variabilidad del resto de las propiedades físico-mecánicas (contracción, dureza, resistencia a la compresión axial y resistencia a la flexión estática) es debida a las diferencias existentes entre los árboles, pero sobre todo a las diferencias dentro de los árboles, factor que no se ha considerado en el modelo planteado. La región de procedencia es responsable de una parte importante de la variabilidad en una propiedad tan destacada como es la densidad. Esto ratifica que hay procedencias de *Pinus pinaster* Aiton más adecuadas que otras para uno u otro tipo de industria.

## **1.2. Antecedentes de estudios en *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz**

Existen antecedentes de estudios realizados en otros países como base para la inclusión de nuevas especie forestales al mercado nacional e internacional.

El Proyecto de apoyo a la coordinación e implementación del plan de acción forestal para Bolivia FAO-PAFBOL (GCP/BOL/028/NET), recopiló información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderables de Bolivia.

Este proyecto fue realizado para el sector forestal y manufacturero boliviano, mediante una recopilación de información y experiencias existentes en Bolivia, con el fin de brindar un material de consulta, lo más completo posible y de fácil lectura



de las llamadas "maderas alternativas", de acuerdo a la experiencia de algunos países de la región. En este proyecto se recopiló información de las características organolépticas de la madera, propiedades físicas, resistencia mecánica, condiciones técnicas para el procesamiento y usos finales, entre las 134 especies estudiadas se consideró a la especie *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz. A continuación se presenta los resultados de las propiedades físicas de esta especie (Gutiérrez y Silva, 1999).

Cuadro N°01. Propiedades físicas.

Contenido de humedad en verde	68.43%
Densidad básica	0.74 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad al 12% de humedad	0.79 gr/cm <sup>3</sup>
Contracción radial	4.60%
Contracción tangencial	9%
Contracción volumétrica	13%
Relación T/R	1.95

Fuente: Gutiérrez y Silva, 1999.

Asimismo, el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo – CIRAD (2009), dentro de las prestaciones puestas a disposición de los investigadores y agricultores de las regiones cálidas, realizó el estudio tecnológico de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, como aporte al conocimiento tecnológico básico de esta especie, los resultados de las propiedades físicas reportadas por esta institución son:

Cuadro N°02. Propiedades físicas.

Densidad	0.87 gr/cm <sup>3</sup>
Dureza	7.2 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de contracción volumétrica	0.60%
Contracción tangencial total	8.60%
Contracción radial total	5.20%
Punto de saturación de fibra	26%

Fuente: CIRAD, 2009.

### 1.3. Propiedades físicas de la madera

Arroyo (1983) menciona que el comportamiento físico de la madera está constituido por una serie de propiedades, las cuales en conjunto pueden definirse

como propiedades físicas de la madera. Partiendo de esta concepción, las propiedades físicas de la madera son el conjunto de propiedades que caracterizan el comportamiento físico de la misma.

Sin embargo existen ciertas propiedades comunes y de necesario conocimiento, cualquiera que sea el uso, que puedan servir como base para la clasificación inicial y propuesta de usos de las maderas estudiadas. Tales propiedades son la densidad básica, densidad seca al aire y el cambio dimensional, específicamente la contracción, que posibilitan el agrupamiento de especies y cuyo análisis permitirá luego pasar al estudio de las propiedades más específicas para cada uso.

Los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas se realizan sea cual sea la norma utilizada, generalmente con el objeto de proponer los usos probables y dar al ingeniero los datos necesarios para el cálculo de estructuras de maderas. Es necesario que los datos obtenidos permitan el uso adecuado de la madera en proporción mínima, y que garanticen seguridad en cuanto a parámetros de diseño (Encalada y Castillo, 1988; citado por Rivero, 2004).

Serrano *et al.* (2002) señala que, las propiedades físicas más importantes de la madera, relacionadas con su uso y beneficios son: contenido de humedad, densidad o peso específico y finalmente propiedades de contracción e hinchamiento de la madera. En resumen se puede decir que la selección y utilización de la madera de una determinada especie con fines industriales, sólo podrán ser realizadas con el conocimiento preciso de las cualidades tanto físicas como mecánicas de la madera.

### **1.3.1. Anisotropía.**

La madera no es un material homogéneo, sino un material muy diferente según el plano o la dirección que se considere. Como resultado a esa desigual configuración, presenta un desigual comportamiento; esto es llamado Anisotropía. Esto quiere decir que, las propiedades físicas y mecánicas no son las mismas en todas las direcciones, sino que varían, en función de la dirección que se aplique el esfuerzo. Dado esta heterogeneidad, la densidad no es constante dentro de una especie ni dentro de un mismo árbol (Vignote y Jiménez, 1996).

### 1.3.2. Contenido de humedad de la madera

La cantidad de agua presente en una pieza de madera se conoce con el nombre de contenido de humedad (CH%). El contenido de humedad se expresa como porcentaje del peso seco al horno de la madera. Se toma como base el peso seco al horno porque el mismo es un índice de la cantidad de sustancia sólida presente. Según Vargas (1987), la madera de árboles vivos posee como proporción de humedad, en relación a su peso total, valores que varían entre 30 y 300%, determinados en base al peso seco de la madera (Rivero, 2004).

Arroyo (1983) menciona que la madera es una sustancia higroscópica, es decir, tiene afinidad por el agua en forma líquida y gaseosa. Esta propiedad de la madera es dependiente de la temperatura y la humedad de la atmósfera circundante. En consecuencia, el contenido de humedad de la madera variará con los cambios en las condiciones atmosféricas que la rodean. Todas las propiedades físicas de la madera son grandemente afectadas por las fluctuaciones en el contenido de humedad. Para utilizar la madera en forma adecuada es imprescindible conocer su contenido de humedad, entender su localización y el movimiento del agua a través de ella.

El agua de la madera puede ser encontrada en tres formas:

- a) Llenando las cavidades y los espacios intercelulares; llamada “agua libre”.
- b) Impregnando la pared de las células; llamada de “impregnación”, o imbibición higroscópica, o de saturación de la pared celular.
- c) El agua que forma parte de la pared celular; llamada agua de “constitución”.

Cuando se elimina toda el agua libre dejando únicamente el agua de impregnación, se llega al punto conocido con el nombre de “punto de saturación de las fibras” (PSF) que tiene valores variables entre 22 y 35%; en la práctica se adopta un valor de 30%. (Arroyo, 1983; citado por Rivero, 2004).

La salida del agua libre, a no ser por el peso, afecta poco a la madera en sí; al contrario, la pérdida de agua de imbibición de las paredes celulares, provoca una aproximación de las mismas, causando contracción en la madera. Entonces, sólo la

variación en la proporción del agua de impregnación afecta la resistencia de la madera, mientras que la eliminación del agua que forma parte de los componentes químicos que constituyen la madera, provocará la destrucción de ésta a través de la calcinación; esta agua se encuentra presente con valores entre 0.5 a 1%.

Arroyo (1983) menciona que el contenido de humedad influye directamente en la utilización y en las propiedades físico-mecánicas de la madera:

- a) Se debe tomar en cuenta durante el trozado, aserrado, secado y preservación de la madera.
- b) A mayor contenido de humedad, menor resistencia de la madera.
- c) A mayor contenido de humedad, menor poder calorífico.
- d) A mayor contenido de humedad, menor peso específico.
- e) A mayor contenido de humedad, mayor susceptibilidad al ataque de hongos.

Normalmente la madera en el árbol vivo no contiene más de la mitad a los dos tercios del contenido de humedad máximo teórico posible. Sin embargo, no hay un valor exacto para cada especie y las variaciones ocurren de un árbol a otro, así como también dentro de un mismo árbol. El contenido de humedad máximo está relacionado con el peso específico seco al horno de la madera y puede ser calculado sobre esta base. Las maderas que tienen bajos pesos específicos alcanzan altos contenidos de humedad máximos y las que tienen altos pesos específicos, muy bajos contenidos de humedad máximos.

Pérez (1983) y Campos *et al.* (1990), citado por Díaz (2005), mencionan que el contenido de humedad influye en la capacidad mecánica, es decir a menor contenido de humedad bajo el punto de saturación de las fibras (que corresponde a la eliminación total del agua libre del interior de las células y las paredes celulares permanecen saturadas, 28-30% de CH%), en general aumenta la capacidad mecánica, es decir se incrementa la resistencia de la madera, tanto en flexión estática, compresión paralela y compresión perpendicular, y a partir del punto de saturación de la fibra, un aumento en el contenido de humedad no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

De lo anterior se concluye que, es necesario dar a conocer el contenido de humedad de la madera con que se está trabajando, para saber que se puede esperar en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas se refiere.

### **1.3.3. Densidad de la madera**

Es importante conocer la densidad, ya que de ella depende en gran parte el comportamiento de la madera, su adaptabilidad a eventuales tratamientos y modificaciones, así como la posibilidad de utilización que ofrece.

Escobar *et al.* (2005) menciona que de las propiedades físicas la que reviste más importancia para el usuario de las maderas es la densidad. La densidad es un indicativo de cuanto material leñoso en gramos (llámese paredes celulares o materia sólida) presenta una madera, por unidad de volumen. Es la relación entre la masa y el volumen de una madera y viene expresada en  $\text{gr/cm}^3$ .

Las maderas de densidades altas, generalmente presentan células con cavidades estrechas y paredes celulares gruesas. Lo contrario se presenta para las maderas livianas, en donde lo general es la presencia de muchos espacios porosos o vacíos.

Además de la variación en densidad por la cantidad de materia sólida leñosa, la densidad también varía según el contenido de humedad (CH%) de la madera y con el contenido de sustancias en las células. Asimismo, la densidad varía con la posición de la pieza de madera en el tronco.

Existe una relación directa de la densidad con las propiedades mecánicas (a mayor densidad, mayor resistencia). Por lo general las maderas densas son más durables que las maderas livianas. Generalmente las maderas densas son difíciles para trabajarlas, secarlas y para su inmunizado.

Con respecto a la densidad, se debe tener en cuenta lo siguiente:

El término “verde”, se refiere a la madera con un contenido de humedad mayor del 30%. La densidad verde, es la relación entre el peso y el volumen verdes.

El término “seca al aire”, se refiere a la madera que ha alcanzado un contenido de humedad en condiciones de secado natural al aire. Su valor sería el contenido de humedad que alcanzaría en equilibrio con las condiciones atmosféricas del lugar. En algunas ocasiones se usa el 12% de contenido de humedad como el valor para esta condición, el cual es utilizado internacionalmente para fines de comparación. La densidad seca al aire, es la relación entre el peso y el volumen secos al aire.

El término “seca al horno”, se refiere a la madera que se ha secado hasta un contenido de humedad del 0% o sea madera en estado anhidro. La densidad anhidra, es la relación entre el peso y el volumen anhidros.

El término “densidad básica”, es una relación especial entre el peso anhidro y el volumen verde. Esta densidad es la menor de todas y es utilizada para fines de comparación.

Zobel y Talbert (1984), citado por Valero *et al.* (2003), mencionan que la densidad de la madera es la expresión de la presencia relativa de los distintos elementos celulares que la componen (vasos, traqueidas, fibras, células de parénquima). Básicamente depende del tamaño de las células, del grosor de la pared celular y de la proporción de los diferentes tipos de tejidos con respecto al volumen total del leño. Pashin y De Zeeuw (1980) señalan que el espesor de la pared celular y las secciones transversales de las células están directamente relacionados con el peso específico de la madera y junto con el ancho de los anillos de crecimiento y la proporción de madera temprana y tardía, son responsables de las variaciones de éste.

Por otra parte Vargas (1987), citado por Rivero (2004) menciona que esta característica tecnológica es tal vez la más importante, puesto que de ella dependen estrechamente otras propiedades, como la resistencia mecánica, grado de variación dimensional por la pérdida o absorción de agua, poder calorífico, etc.

Una de las características más importantes de la madera es la densidad básica, que se define como la relación entre el peso seco al horno y su volumen verde. La densidad de la madera tiene gran influencia en las propiedades mecánicas como,

por ejemplo, resistencia a la flexión, dureza y otras (Aróstegui, 1975; citado por Rivero, 2004).

Las maderas tropicales son en promedio 20% a 25% más pesadas que las maderas de las zonas templadas o frías, pero la variación de la densidad es más amplia en las maderas tropicales. En las zonas frías no se encuentran tan livianas o tan pesadas como en los trópicos. Este factor hace mucho más difícil el aprovechamiento de los bosques tropicales heterogéneos, pero también es una ventaja, puesto que hay una gran variedad de maderas para fines diversos.

Para efectuar un análisis y evaluación se debe lograr cierto grado de comparación de los resultados, formando grupos de maderas de propiedades y usos similares.

El sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica (DB), debido a su importancia en el uso y a su relación con la resistencia mecánica (Aróstegui, 1975; citado por Rivero, 2004). En este sistema las maderas del país se clasifican en cinco grupos de Densidad Básica:

Cuadro N°03. Clasificación de la madera según su densidad básica.

Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Categoría	Grupo
< a 0.30	Muy Baja (MB)	Grupo I
0.30 a 0.40	Baja (BA)	Grupo II
0.41 a 0.60	Medía (ME)	Grupo III
0.61 a 0.75	Alta (AL)	Grupo IV
> a 0.75	Muy Alta (MA)	Grupo V

Fuente: Aróstegui, 1975; citado por Rivero, 2004.

Este parámetro puede ayudar en la selección y clasificación de la madera para determinado uso industrial, a la vez permite conocer aproximadamente su resistencia mecánica, habilidad para sostener clavos, rendimiento de pulpa y facilidad de trabajo en las maquinas. La densidad de la madera es una resultante de las variaciones que en ella se presentan, esta puede constituir, desde el punto de vista mecánico, una base de apreciación de las calidades de la madera (Aróstegui *et al.*, 1980-1981).

Aróstegui (1975), citado por Rivero (2004) realizó la clasificación de la madera según su densidad anhidra:

Cuadro N°04. Clasificación de la madera según su densidad anhidra.

Densidad anhidra (g/cm <sup>3</sup> )	Categoría
<a 0.30	Muy liviana
0.30 a 0.45	Liviana
0.46 a 0.70	Mediana
0.71 a 0.86	Pesada
>a 0.86	Muy pesada

Fuente: Aróstegui, 1975; citado por Rivero, 2004.

#### 1.3.4. Contracción de la madera.

Se define a la contracción como la variación dimensional que experimenta la madera bajo el punto de saturación de la fibra. La contracción depende de la orientación de la fibra de la madera. Los factores que influyen en la contracción son: densidad, dirección de la fibra, presencia de extraíbles, composición química y ángulo fibrilar (Simmons *et al.*, 1959; citado por Santos, 2004).

La contracción es otra propiedad física de importancia desde el punto de vista de utilización de las maderas. Toda madera que se seca es madera que se contrae, ocasionando una disminución en sus dimensiones, lo cual trae consigo la formación de esfuerzos en la madera, causando grietas y torceduras (Escobar *et al.*, 2005).

Siau, JF. (1971), citado por Santos (2004) señalan que el fenómeno de la contracción es originado por la pérdida de agua ligada en la zona amorfa de la celulosa. No sucede lo mismo en la zona cristalina la cual impide que exista contracción en el sentido longitudinal.

Los valores de contracción son un índice de la estabilidad dimensional que puede tener la madera al ser sometida a condiciones variables de humedad. Debido a las variaciones ambientales de humedad relativa y temperatura, la madera está sujeta a estos cambios dimensionales, además, estos cambios son diferentes según las secciones de la madera, por lo que en la parte interna se originan tensiones que



causan defectos durante el secado, tales como grietas y deformaciones (Aróstegui *et al.*, 1980-1981).

Vargas (1987) indica que la contracción o hinchamiento es mayor en el sentido tangencial a los anillos de crecimiento, menor en el sentido perpendicular a los anillos (sentido radial) y mínimo en el sentido de las fibras (paralelo al eje del árbol). Este fenómeno de la desigualdad de los cambios dimensionales, es conocido como “anisotropía dimensional”. Maderas con alta densidad aparente presentan más visiblemente este fenómeno.

La contracción e hinchamiento son mayores en maderas de alta densidad y son directamente proporcionales al peso específico o cantidad de sustancia de la pared celular presente. Las maderas de muy baja densidad tienden a tener mayor valor de punto de saturación de las fibras, produciéndose una disminución en la diferencia de hinchamiento esperada entre maderas de baja y alta densidad (Siau, 1984; citado por León y Espinoza, 2001).

Los cambios dimensionales son aproximadamente proporcionales a los cambios del contenido de humedad, se puede calcular que por cada 1% de disminución de CH% (debajo del PSF), la madera se contrae 1/30 de su volumen total. Como consecuencia de los porcentajes anisotrópicos de contracción transversal, aparecen grietas en las maderas en rollo, que desfiguran sus perfiles, pues la contracción hace curvas las aristas rectas de las secciones transversales, perjudicando considerablemente la manipulación de la madera y produciendo además alabeos de las tablas y desigualdades en la superficie (Vargas, 1987).

Los cambios dimensionales que ocurren en la madera son función no sólo de la cantidad de humedad presente, sino también de la cantidad de sustancia de la pared celular; mientras mayor es la cantidad de material presente, mayores serán los cambios dimensionales posibles por variaciones en el contenido de humedad (Arroyo, 1983).

Cuadro N°05. Clasificación de la madera según su contracción volumétrica.

Contracción volumétrica	Categoría
<a 9.0	Muy baja
9.1 a 11.0	Baja
11.1 a 13.0	Mediana
13.1 a 15.0	Alta
> a 15	Muy alta

Fuente: Vargas, 1987.

### 1.3.5. Relación tangencial/radial (T/R)

La relación contracción tangencial y radial, es un índice de la estabilidad dimensional de la madera, al acercarse a 1 (uno) la madera es más estable y tiene buen comportamiento durante el secado. Si los cambios dimensionales son proporcionales a los contenidos de humedad de la pared celular, se puede decir que las maderas con mayor densidad contienen más agua higroscópica que las maderas con menor densidad (Aróstegui *et al.*, 1980-1981).

El coeficiente de estabilidad es la relación de la contracción tangencial sobre la contracción radial sufrida por la madera originada por la pérdida del agua higroscópica, por lo que las fibras se contraen, es decir, se reducen las dimensiones de la madera. Esta relación mide la estabilidad de la madera ante los cambios dimensionales que puede sufrir una pieza por el decremento del contenido de humedad (Gutiérrez y Silva, 1999).

Vargas (1987) indica que este valor sirve para indicar el comportamiento de la madera al secado y a otros diversos usos. El valor 1 (uno), es un valor ideal; siendo esta madera estable a cambios dimensionales reaccionará positivamente a un programa de secado y no se presentarán tan fácilmente torceduras, deformaciones, etc.

Se pueden clasificar las maderas según su relación de estabilidad tangencial/radial (T/R) de la siguiente manera:

Cuadro N°06. Clasificación de la madera según la Relación T/R.

Relación T/R	Categoría
< a 1.50	Muy baja o muy estable
1.50 a 2.00	Baja o estable
2.01 a 2.50	Mediana o moderadamente estable
2.51 a 3.00	Alta o inestable
> a 3.00	alta o muy inestable

Fuente: Gutiérrez y Silva, 1999

#### 1.4. Patrones de variación de la madera.

Si se desea manipular la calidad y rendimiento de la madera, es fundamental conocer bien la variabilidad de esta. Aparte de las bien conocidas y reconocidas diferencias existentes entre las especies, la variabilidad de la madera ocurre también de la manera siguiente: (1) dentro de un determinado árbol; (2) entre los árboles de una misma especie; (3) en ocasiones, entre las poblaciones de una especie que crecen en una sola localidad, y (4) con frecuencia, entre las poblaciones de una especie que crecen en diferentes áreas geográficas. La madera puede variar ampliamente dentro de un árbol, desde la medula hasta el exterior o de la base del tronco hacia arriba. También se ha reconocido la semejanza que existe entre la madera de la copa de árboles maduros y la madera cerca del centro del árbol en su base. La variación asociada con la altura del árbol, en lo que respecta a las propiedades de la madera en pinos, quizás se aprecia mejor si se considera que un corazón de madera juvenil con traqueidas cortas y densidad baja existe en forma de cilindro interno en el centro del fuste del árbol. Este cilindro se extiende desde la base del tronco hasta la copa del árbol. El resultado es que las trozas de la copa constan principalmente de madera juvenil, mientras que las trozas de la base del mismo árbol poseen más madera madura con una mayor densidad. En todas las características de la madera que se han estudiado, se ha encontrado siempre que la variación entre los árboles de la misma edad que crecen en el mismo sitio es grande (Simmons *et al.*, 1959; citado por Santos, 2004).

Velásquez *et al.* (2009) menciona que la variabilidad natural de la madera es producto de su heterogeneidad celular, evidenciada tanto en su anatomía como en

su composición química, las cuales a su vez, se reflejan en sus propiedades físicas y mecánicas.

Zobel y Van Buijtenen (1989), García *et al.* (2003), citado por Velásquez *et al.* (2009) indican que existen dos fuentes de variación respecto a las propiedades y características de la madera en el árbol, las variaciones entre árboles y las variaciones dentro del árbol (Giménez y López, 2000; Igartúa *et al.*, 2003). Las primeras vienen explicadas por causas genéticas, factores ecológicos y gestión de la masa, mientras que las segundas están condicionadas por su situación dentro del árbol, específicamente relacionadas con variabilidad dentro del incremento de crecimiento, variabilidad producida de médula a corteza (variabilidad radial) y variabilidad ocasionada por diferentes niveles de altura (variabilidad longitudinal; Wang *et al.*, 2000; Sava *et al.*, 2002; Espinoza, 2004). Dado que la mayoría de las veces la variación dentro del árbol es superior a la variación entre árboles, es imprescindible cuantificarla y definirla de la forma más precisa posible, puesto que va a condicionar los productos que se pueden obtener al utilizar este recurso.

El contenido de humedad en dirección transversal presenta la tendencia de incrementar de la médula hacia la corteza como lo comprueban las investigaciones de, Shortle y Bauch (1986) y Frühwald (1986). Con respecto a la variación en sentido longitudinal del árbol se encontró que los árboles tienen una mayor cantidad de agua en las partes altas comparadas con la encontrada en la base como lo reporta Desch y Dinwoodie (1981) (Goche-Télles *et al.*, 2000).

La variación de la densidad con la altura está ligada a la cantidad de madera juvenil que recorre al árbol axialmente como un cilindro interno desde la base hasta el ápice. El resultado es que las trozas de la copa constan principalmente de madera juvenil, mientras que las de la base del mismo árbol poseen más madera madura con una mayor densidad (Zobel, 1988). Yang *et al.* (1994), determinaron que el valor de las propiedades puede variar ampliamente dentro de un mismo árbol, estando relacionado con el leño producido por distintas edades fisiológicas del cambium (Monteoliva *et al.*, 2002).

## CAPITULO II

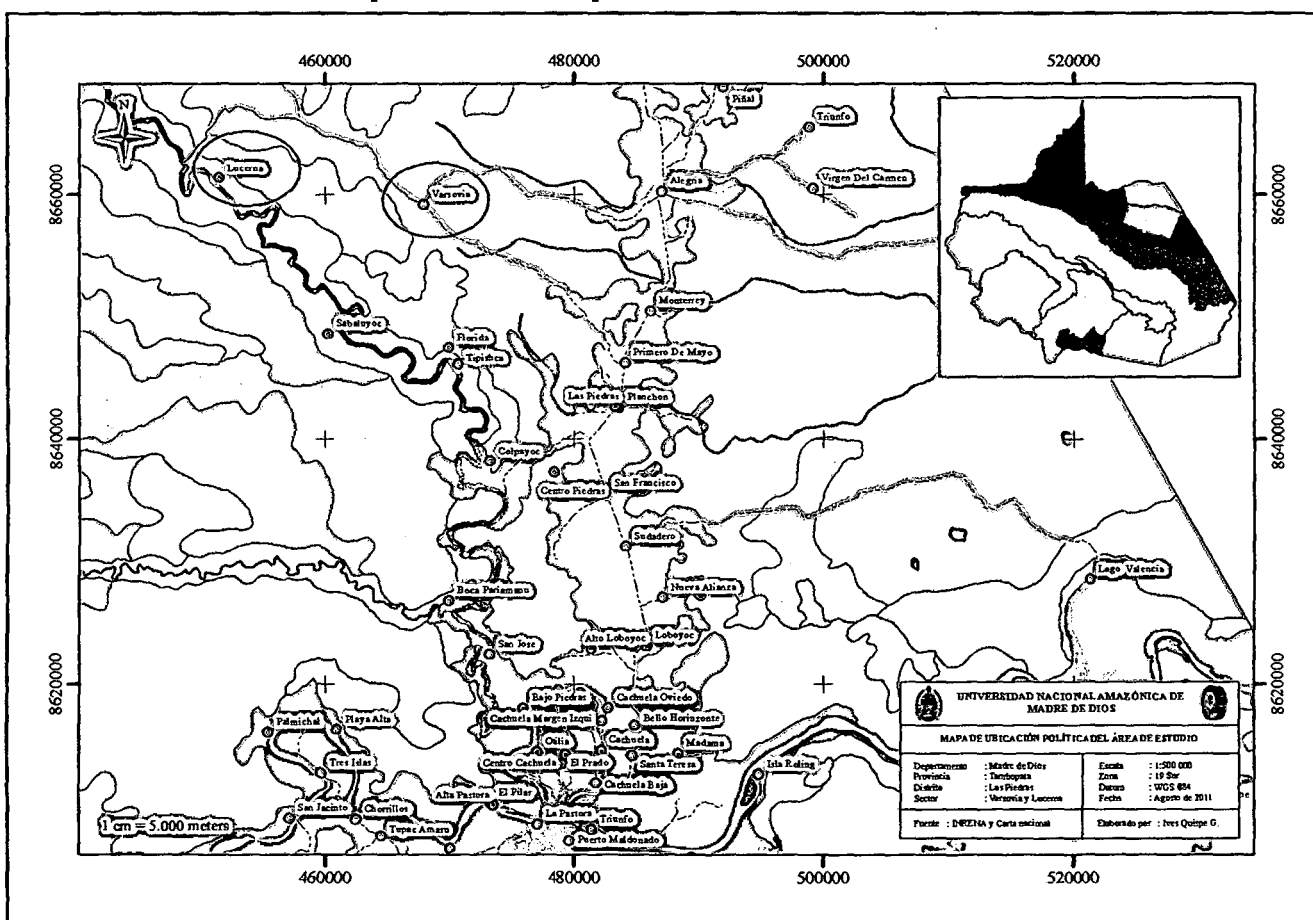
### 2. MATERIALES Y METODOS

#### 2.1. Características generales

##### 2.1.1. Ubicación política

Región	: Madre de Dios
Departamento	: Madre de Dios
Provincia	: Tambopata
Distrito	: Las Piedras
Sectores	: Varsovia y Lucerna

**Mapa de ubicación política del área de estudio**



### **2.1.2. Clima**

El clima del departamento de Madre de Dios es de tipo tropical cálido y húmedo, según datos meteorológicos registrados en la ciudad de Puerto Maldonado indican que la temperatura media anual es 26°C, fluctuando entre los 10°C y los 38°C, con una precipitación total anual promedio de 1,423 mm, oscilando entre 1,600 a 2,400. Predominan los vientos procedentes del Noroeste con velocidades que fluctúan entre los 0.3 a 0.6 m/s, y la humedad relativa mensual entre 80% y 89% (INRENA, 2003).

### **2.1.3. Suelos**

2.1.3.1. Bosque de terraza alta (BTa): En este tipo de bosque el suelo es moderadamente profundo, de textura franco arenosa a franco arcillo arenosa. La consistencia es friable a firme, exhibiendo una aireación moderada a baja, capacidad retentiva de agua media a alta. La permeabilidad es moderada a moderadamente lenta y el drenaje moderado. Su reacción es extremadamente ácida a muy fuertemente ácida (pH: 3.81 a 4.47), los niveles de materia orgánica son altos a bajos (6.4 a 0.7%) (DOMUS).

2.1.3.2. Bosque de colina baja (BCb): En este tipo de bosque el suelo es moderadamente profundo, de textura franco arcillosa a arcillosa. La consistencia es friable a firme, mostrando una aireación baja, capacidad retentiva de agua alta. La permeabilidad es moderada a moderadamente lenta y el drenaje moderado. Su reacción es extremadamente ácida (pH: 3.94 a 4.15). Los niveles de materia orgánica son medios a bajos (2.9 a 1.2%) (DOMUS).

### **2.1.4. Tipos de bosque**

2.1.4.1. Bosque de terraza alta (BTa): Generalmente se ubica circundando ríos o quebradas de segundo orden. Son de topografía plana a ligeramente ondulada, presentan pendientes que van de 0 a 8% y no tienen problemas en drenaje (INRENA, 2003).

2.1.4.2. Bosque de colina baja (BCb): Estos bosques se desarrollan sobre terrenos ondulados suaves que tiene un origen tectónico, presentando pendientes que pueden

llegar hasta 30%, asimismo la altura relativa a la que puede llegar la elevación de estas colinas es hasta 40 m (INRENA, 2003).

### 2.1.5. Información general de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz

#### 2.1.5.1. Características sistemáticas (Mostacedo *et al.*, 2003)

Reino	: Phyta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Sapindales
Familia	: BURSERACEAE
Género	: <i>Tetragastris</i>
Especie	: <i>altissima</i> (Aubl.) Swartz
Nombre científico	: <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz
Nombre común	: Isigo
Nombre internacional	: Sali (Guayana Francesa); Breu manga, Breu almescla, Amesclão, Breu barroto, Breu preto (Brasil); Copal (Ecuador y Bolivia).

#### 2.1.5.2. Descripción botánica de la especie

Árbol, de 20-80 cm de diámetro y 15-25 m de alto, con la ramificación en el segundo tercio, el fuste mayormente es acanalado en la base, muchas veces inclinados.

Corteza externa, lisa de color gris-marrón, con placas exfoliantes grandes.

Corteza interna, homogénea de color rosado y aromático.

Ramitas terminales, con sección circular, color marrón rojizo cuando secas, de 3-7 mm de diámetro, glabras.

Hojas, compuestas, alternas, imparipinnadas de 5 a 7 folíolos con olor a manga verde. Los folíolos presentan una forma oblongo-lanceolada u oblongo-elíptica, y son ligeramente estrechos en una corta punta aguda a sub-obtusa, estos folíolos

miden entre 6-15 cm de longitud x 2-5 cm de anchura, pero el terminal es más largo, los laterales son sub-oblicuos y los basales son más cortos; en promedio, presentan 10-12 pares de nervios secundarios, generalmente escábridos.

Inflorescencias, en panículas en esta especie son variable en longitud, sub-terminales y axilares, por lo general casi tan largas como los pecíolos, rara vez tan largas como las hojas.

Flores, son pentámeras, rara vez hexámeras, de 5-7 mm de largo, de color verde pálido a marrón-rojizo; el cáliz es relativamente pequeño; la corola presenta lóbulos muy cortos, y su forma es anchamente cupuliforme; el disco tiene forma de anillo, presenta 10 lóbulos, y se encuentra rodeando el pistilo; el estilo es corto y redondeado, el estigma es pentalobulado; el ovario es glabro, aunque algunas veces puede ser hirtelo.

Frutos, son dehiscentes cápsulas que constan de un núcleo central de color rojo con 1 a 6 lóculos, cada lóculo contiene una arilada semilla protegida por una válvula de color púrpura-rojizo. En la madurez, las válvulas de otoño y ariladas semillas cuelgan del núcleo. El arilo blanco puro es rico en azúcares y firmemente adherida a la semilla.

Distribución y hábitat, Honduras Británica, Honduras, Nicaragua, Panamá, Colombia, Guayana Británica, Surinam, Guayana Francesa, Brasil, Bolivia y Perú, en bosques húmedo a sub-húmedo se encuentra en altitudes de 100 a 900 msnm.

Especie siempre verde, tolerante a la sombra. Abundante en etapas maduras del bosque húmedo amazónico de tierra firme y del bosque húmedo del precámbrico. Crece en suelos pobres, rojos, de fácil drenaje. Florece de septiembre a octubre. Las semillas son dispersadas junto con el fruto por animales que lo consumen (Mostacedo *et al.*, 2003).

#### **2.1.6. Procedencia del material experimental**

Las muestras de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, fueron colectadas de dos concesiones para manejo y aprovechamiento de productos forestales diferentes a la



madera del departamento de Madre de Dios, provincia de Tambopata, distrito Las Piedras, de los sectores de Varsovia (Contrato N°17-TAM/C-OPB-J-290-03) que corresponde al Bosque de terraza alta (BTa) y Lucerna (Contrato N°17-TAM/C-OPB-J-032-03) que corresponde al Bosque de colina baja (BCb).

#### **2.1.7. Lugar de ejecución del proyecto**

El estudio de las propiedades físicas de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, se realizó en los sectores de Varsovia y Lucerna, la selección y limpieza de probetas en el Xilotecario – UNAMAD y los ensayos de laboratorio en un ambiente debidamente acondicionado del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – IIAP – Madre de Dios, ubicada en la ciudad de Puerto Maldonado.

#### **2.2. Materiales herramientas y equipos.**

##### **2.2.1. Madera**

Especie *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, con la que se elaboraron las probetas para los diferentes ensayos de las propiedades físicas.

##### **2.2.2. Materiales de campo**

- Motosierra marca STHIL, modelo 070 y accesorios
- Wincha métrica marca STANLEY de 10 m
- Libreta de campo
- Lápices 2B
- Pintura de aluminio Marca CPP
- Pintura en Spray para el marcado de árboles
- Lápices de cera para codificar las muestras de madera
- Cámara digital Panasonic modelo Lumix
- GPS marca GARMIN modelo *map60CSx*
- Bolsas de polietileno
- Plumones de tinta indeleble
- Brocha
- Prensa botánica

- Pilas alcalinas DURACELL-AA
- Tijera telescópica
- Escuadra de reglas

### **2.2.3. Equipos para la obtención de probetas**

- Sierra circular marca Bosch modelo PTS-10
- Cepilladora marca Bosch modelo FS-410
- Regruesadora marca Celmak modelo Flash-500

### **2.2.4. Materiales de laboratorio**

- Balanza eléctrica OHAUS de 4000 gr con precisión de 0.1 gr.
- Estufa eléctrica MEMMERT de hasta 220°C
- Vaso de precipitados de 2,000 ml (dos litros) marca LBT
- Campana desecadora de humedad provista de Silica gel
- Micrómetro de rotación para exteriores marca STANLEY con precisión de 0.001 mm
- Soporte universal de metal más accesorios
- Pie de rey (vernier) digital marca STANLEY de precisión de 0.01 mm
- Calculadora marca CASIO

### **2.2.5. Materiales de gabinete**

- Computadora *Pentium IV*, con *software* apropiado: *Microsoft Office 2007*
- Impresora HP *Laser Jet P1005*
- Hojas bond de 75 gr
- Fólder manila
- Materiales de escritorio
- Memoria USB marca HP de 2 Gb.

## **2.3. Metodología**

El tipo de trabajo de investigación es básico aplicado y el método es explicativo, deductivo y cuantitativo (deducido de datos cuantitativos).

Los ensayos realizados para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo de investigación, estuvieron fundamentados en las metodologías planteadas por la Norma Técnica Peruana: NTP-251.010, NTP-251.011 y NTP-251.012.

### **2.3.1. Procedimientos**

#### **2.3.1.1. Ubicación y selección de la zona y sub-zona**

Según la NTP-251.008, para la selección y colección de muestras se deben identificar las zonas y sub-zonas, donde se debe conocer el volumen de madera existente de la especie por unidad de superficie ( $m^3/ha$ ).

En el presente estudio se consideró dos zonas: la zona I, representado por el bosque de colina baja (BCb) y la zona II, representado por el bosque de terraza alta (BTa), en las dos zonas se procedió a la división de las sub-zonas.

En la determinación y división de las sub-zonas, se consideró los márgenes del camino vecinal que articula al centro poblado menor de Alegría y los sectores de Alto Malecón, Varsovia y Puerto Lucerna. En la zona I, se ubicó a la sub-zona I y II; la sub-zona III y IV en la zona II. En conclusión, la sub-zona I y III se ubicaron en la margen derecha del camino vecinal en mención y la sub-zona II y IV en la margen izquierda (Ver anexo mapas).

#### **2.3.1.2. Identificación y selección de bloques**

Una vez identificado las sub-zonas, se procedió a la identificación de bloques. Para el presente estudio se identificaron 28 bloques de 10 ha. cada uno, siete bloques distribuidos por cada sub-zona.

Seguidamente de la identificación los bloques se procedieron a la selección de los mismos; en los bloques seleccionados se realizó el inventario de árboles para la

determinación del número muestras. La selección de los bloques se realizó al azar para asegurar que todos los bloques componentes de las sub-zonas tuvieran *a priori* la misma probabilidad de ser elegidos.

Cuadro N°07. Bloques seleccionados.

Zona	Sub-zona	Bloque
Zona I - BCb	I	I
	II	IV
Zona II - BTa	III	II
	IV	V

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.3. Censo de árboles

El censo de árboles se realizó con la finalidad de obtener el volumen ( $m^3$ ) por unidad de superficie (ha) de la especie en cada bloque seleccionado, asimismo sirvió para la determinación de la población, muestra y selección de los árboles de donde se obtuvieron las muestras para el ensayo de las propiedades físicas. El censo se realizó de árboles con DAP's mayores y/o iguales a 40 cm.

Cuadro N°08. Determinación del volumen en los bloques.

Zona	Sub-zona	Bloque	Volumen $m^3/ha$	árb./ha
Zona I - BCb	I	I	6,0	3,4
	II	IV	4,5	2,3
Zona II - BTa	III	II	12,6	5,0
	IV	V	12,7	7,7

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.4. Población

La NTP-251.008, define a la población como el conjunto de individuos sobre las cuales se va a determinar una o más propiedades. En el presente estudio la población se obtuvo del censo forestal realizado en los bloques seleccionados; el Cuadro N°09 muestra la población del estudio que corresponde al número de árboles por bloque, sub-zona y zona.

Cuadro N°09. Determinación de la población.

Zona	Sub-zona	Bloque	Población
Zona I - BCb	I	I	34 árb.
	II	IV	23 árb.
Zona II - BTa	III	II	50 árb.
	IV	V	77 árb.

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.5. Muestra

Para la selección de la muestra, se debe contar con información suficiente sobre volúmenes de madera y el número de individuos identificados. La obtención del número de muestras se hizo teniendo en cuenta el volumen de la especie existente en cada bloque expresado en volúmenes acumulados tal y como se detalla en el cuadro siguiente.

Cuadro N°10. Determinación de la muestra según volumen total acumulado.

Sub-zona	Bloque	Superficie (ha)	Vol. Prom. de la Sp. (m <sup>3</sup> /ha)	Vol. Total Existente (m <sup>3</sup> )	Vol. Total Acumulado (m <sup>3</sup> )	Vol. Tot. Acum. (%)
I	I	10	6.02	60.16	60.16	0.17
II	IV	10	4.48	44.78	104.94	0.13
III	II	10	12.60	125.98	230.93	0.35
IV	V	10	12.70	127.01	357.93	0.35

Fuente: Elaboración propia

En el estudio se decidió obtener resultados con una seguridad estadística del 95% y un intervalo de confianza de 15%; por lo tanto, se seleccionaron seis árboles para la obtención de las trozas.

El Cuadro N°11, presenta el número de árboles que fueron seleccionados por sub-zona y bloque, como resultado del volumen total acumulado.

Cuadro N°11. Número de muestras por sub-zona.

Sub-zona	Bloque	N° de árboles	Árb. por Sub-zona
I	I	0.17 x 6 = 1.0	1 árb.
II	IV	0.13 x 6 = 0.8	1 árb.
III	II	0.35 x 6 = 2.1	2 árb.
IV	V	0.35 x 6 = 2.1	2 árb.

Fuente: Elaboración propia

#### 2.3.1.6. Selección de árboles dentro del bloque

Una vez obtenido el número de árboles a extraer por bloque, sub-zona y zona, se procedió a seleccionar los árboles dentro de los bloques de acuerdo al censo realizado y al número de árboles censados en los bloques seleccionados.

Los árboles, fueron seleccionados al azar para asegurar que todos los componentes de la población tuvieran *a priori* la misma probabilidad de pertenecer a la muestra. En la selección de los árboles se tomaron en cuenta a aquellos que presentaron fuste recto y sin daños patológicos, asimismo se tomaron muestras de cada uno de los árboles para la identificación botánica (NTP-251.008).

En el Cuadro N°12, se presentan los árboles que fueron seleccionados por zona, sub-zona y bloque, de estos árboles se obtendrán las trozas para los diferentes ensayos de las propiedades físicas de la madera.

Cuadro N°12. Coordenadas UTM de árboles seleccionados por bloque.

Zona	Sub-zona	Bloque	Árb. N°	DAP (m)	Alt.Com. (m)	Vol. m <sup>3</sup>	Coordenadas UTM	
							Este	Norte
I	I	I	21	0.67	12.0	2.74	449652	8663926
	II	IV	14	0.45	11.0	1.12	449725	8663915
II	III	II	13	0.94	14.0	6.34	464816	8662019
			15	0.88	10.0	3.91	464827	8662056
	IV	V	22	0.92	8.0	3.48	463882	8662874
			56	0.68	7.0	1.66	463620	8662836

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.7. Selección de trozas

Luego de escoger los árboles, se procedió al tumbado; y realizado este procedimiento se dividió el fuste de cada árbol en trozas de 1.30 m de longitud. Cada troza estuvo codificada con letras del alfabeto (A, B, C, D,...) para hacer el seguimiento en cada proceso siguiente, la codificación se realizó de la base del fuste hacia la copa del árbol.

En el Cuadro N°13, se muestra el código de los árboles seleccionados, el código de las trozas para cada árbol y el código de las trozas seleccionadas por árbol. Cabe mencionar que el proceso de selección de las trozas se realizó al azar.

Cuadro N°13. Código de árboles y trozas seleccionadas.

Árbol N°.	Código de troza	Troza seleccionada
21	A, B, C, D, E, F, G, H	B
14	A, B, C, D, E, F	B
13	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J	H
15	A, B, C, D, E, F, G	C
22	A, B, C, D, E, F, G	D
56	A, B, C, D	C

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.8. Obtención y selección de viguetas y probetas

Una vez seleccionado las trozas, se procedió a realizar el aserrío longitudinal con la finalidad de obtener tablones centrales de 15 cm de espesor, obtenido los tablones se procedió a marcarlas en partes de 5 cm para obtener viguetas de 15 x 5 cm, cada espacio de 5 cm estuvo codificada con números (1, 2, 3,...) respectivamente para luego seleccionarlas al azar.

En la selección de viguetas se eliminó la zona de la medula para evitar posibles distorsiones en los resultados; las viguetas seleccionadas de 15 x 5 cm fueron aserradas en campo, se pintaron las caras de cada vigueta con pintura de aluminio con la finalidad de que estos no pierdan ni ganen humedad del ambiente, finalmente fueron transportadas al aserradero para su posterior despiece siguiendo las recomendaciones de la Norma NTP-251.009.

Cuadro N°14. Viguetas seleccionadas por tablón central obtenido.

Árbol N°	Troza seleccionada	Viguetas	Viguetas seleccionadas
21	B	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	2 y 3
14	B	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	3 y 5
13	H	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	2 y 6
15	C	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	3 y 9
22	D	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	3 y 8
56	C	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	2 y 7

Fuente: Elaboración propia

Las viguetas seleccionadas en el campo fueron re-aserradas y se obtuvieron viguetas finales de 3 x 3 x 130 cm de las que se obtuvieron probetas de 3 x 3 x 10 cm.

En total se obtuvieron 288 probetas, 24 probetas por vigueta, de ellas se seleccionaron al azar 10 probetas. Las probetas seleccionadas estuvieron libres de defectos anatómicos y de secado como: rajaduras, ojos, etc., y los cortes estuvieron bien direccionados en las tres direcciones (radial, tangencial y longitudinal).

Finalmente, se obtuvieron 120 probetas para los ensayos de las propiedades físicas, 20 probetas por árbol y estas se codificaron según la sub-zona, número de árbol y viguetas seleccionadas.

Cuadro N°15. Codificación de probetas seleccionadas.

Sub-zona	N° de Árbol	Viguetas Selec.	Código de probetas	
SZ-I	21	2	SZ1 A21 V2	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10
		3	SZ1 A21 V3	P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
SZ-II	14	3	SZ2 A14 V3	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10
		5	SZ2 A14 V5	P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
SZ-III	13	2	SZ3 A13 V2	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10
		6	SZ3 A13 V6	P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
	15	3	SZ3 A15 V3	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10
		9	SZ3 A15 V9	P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
SZ-IV	22	3	SZ4 A22 V3	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10
		8	SZ4 A22 V8	P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
	56	2	SZ4 A56 V2	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10
		7	SZ4 A56 V7	P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20

Fuente: Elaboración propia



### 2.3.2. Determinación de las propiedades físicas de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz

#### 2.3.2.1. Determinación del contenido de humedad (CH%)

Según la NTP-251.010, existen dos métodos de ensayo que se utilizan para determinar el contenido de humedad de la madera y estos son: método de secado en estufa y el método de extracción con disolventes. El método que se utilizó para el presente estudio fue el de secado en estufa.

Para el método de secado en estufa se emplearon los siguientes aparatos, una balanza con precisión de 0.1 gr. para obtener el peso de cada una de las probetas, una estufa eléctrica provista de un termorregulador que permitió operar la temperatura de hasta  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y un desecador de laboratorio provisto de sustancia higroscópica adecuada (Silica gel).

Una vez obtenido las probetas se procedió a pesarlas para obtener el peso húmedo (Ph), luego se puso en la estufa y se aplicó un calentamiento gradual hasta alcanzar los  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , después de cada aumento de temperatura gradual se dejó enfriar en el desecador y posteriormente se pesaron. Se repitió este tratamiento hasta obtener peso constante de las probetas y mediante la fórmula convencional del contenido de humedad (CH%) se realizó el cálculo de cada una de las probetas.

$$\text{CH}\% = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

- CH = Contenido de humedad (%)
- Ph = Peso húmedo (gr)
- Ps = Peso anhidro o seco al aire (gr)

#### 2.3.2.2. Determinación de la densidad (D)

La NTP-251.011, define a la densidad como la razón entre el peso y el volumen de la madera a un determinado contenido de humedad.

Obtenido el peso inicial de la probeta en gramos por lectura directa en la balanza, se procedió a la obtención del volumen.

Según la NTP-251.011, el volumen de la probeta puede ser determinado por dos métodos: por medición directa y por medición indirecta, para efectos del presente estudio se aplicó el método de medición indirecta o por inmersión en agua, donde se sumergió totalmente la probeta en agua sin tocar el fondo del recipiente (vaso de precipitados) en un peso conocido de agua y se registró el incremento del peso correspondiente que representa el volumen de la probeta, se repitió este procedimiento en todas las probetas del ensayo. La fórmula convencional que se aplicó para la obtención de la densidad es:

$$D = \frac{m}{V} \text{ gr/cm}^3$$

Donde:

- D = Densidad de la madera en  $\text{gr/cm}^3$
- m = Masa a un determinado CH% (gr)
- V = Volumen a un determinado CH% ( $\text{cm}^3$ )

#### 2.3.2.3. Densidad básica (DB)

Obtenido el peso inicial de las probetas se procedió a someterlas a un secado previo en un horno bien ventilado a una temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  hasta alcanzar peso constante, se aumentó lentamente la temperatura cada 22 horas en diferentes etapas ( $30^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$ ,  $50^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$ , ...,  $100^\circ\text{C}$ ,  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

Antes de pesar las probetas se enfriaron en un desecador con material higroscópico (Silica gel) con la finalidad de evitar la absorción de la humedad del ambiente. El peso de las probetas en gramos fue obtenido por lectura directa en la balanza.

La densidad básica de la madera es la razón entre el peso anhidro y el volumen de la probeta saturada, la fórmula convencional para la determinar la densidad básica (Durand, 1989; Siau, 1984 citado por Rosales, 2009) es:

$$DB = \frac{m_o}{V_h} \text{ gr/cm}^3$$

Donde:

DB = Densidad básica en gr/cm<sup>3</sup>

m<sub>o</sub> = Masa anhidra (gr)

V<sub>h</sub> = Volumen húmedo (cm<sup>3</sup>)

#### 2.3.2.4. Densidad anhidra (D<sub>a</sub>)

Según la NTP-251.011, la densidad de la madera en estado anhidro, es el cociente entre el peso y el volumen en este estado anhidro expresado en gr/cm<sup>3</sup>.

Con los datos obtenidos del peso anhidro anteriormente se procedió a la determinación del volumen anhidro, este proceso se realizó por el método de inmersión siguiendo el mismo procedimiento de la densidad, la fórmula convencional que se empleó para hallar la densidad anhidra es:

$$D_a = \frac{m_o}{V_o} \text{ gr/cm}^3$$

Donde:

D<sub>a</sub> = Densidad de la madera en gr/cm<sup>3</sup>

m<sub>o</sub> = Masa a un determinado CH% (gr)

V<sub>o</sub> = Volumen a un determinado CH% (cm<sup>3</sup>)

#### 2.3.2.5. Determinación de las contracciones de la madera

Para la determinación de las contracciones de la madera se utilizó la norma NTP-251.012, se marcaron las probetas en las caras tangenciales y radiales a fin de ubicar el punto medio en donde se realizara la medición de las dimensiones, luego se determinó el peso de las probetas en gramos, este fue obtenido por lectura directa en la balanza.

En la determinación de las dimensiones de las probetas en estado verde se consideró que estas sean tomadas siempre en los mismos puntos centrales de las

caras haciendo el uso del micrómetro para medir las dimensiones tangencial y radial, y un pie de rey o vernier digital para medir la dimensión longitudinal.

Para la determinación de las dimensiones de las probetas en estado anhidro se ejecutó los procedimientos empleados en la determinación de la densidad anhidra, acabado este proceso se procedió a la determinación de las dimensiones en los mismos puntos que fueron tomados en estado verde.

Según la NTP-251.012, la fórmula convencional que se aplicó para la determinación de la contracción tangencial total del estado verde al estado anhidro es:

$$C_{tt}(\%) = \frac{D_{tv} - D_{ta}}{D_{tv}} \times 100$$

Donde:

$C_{tt}$  = Contracción tangencial total (%)

$D_{tv}$  = Dimensión tangencial en estado verde

$D_{ta}$  = Dimensión tangencial en estado anhidro

Según NTP-251.012, la fórmula convencional que se aplicó para la determinación de la contracción radial total del estado verde al estado anhidro es:

$$C_{rt}(\%) = \frac{D_{rv} - D_{ra}}{D_{rv}} \times 100$$

Donde:

$C_{rt}$  = Contracción radial total (%)

$D_{rv}$  = Dimensión radial en estado verde

$D_{ra}$  = Dimensión radial en estado anhidro

Según NTP-251.012, la fórmula convencional que se aplicó para la determinación de la contracción longitudinal total del estado verde al estado anhidro es:

$$C_{lt}(\%) = \frac{D_{lv} - D_{la}}{D_{lv}} \times 100$$

Donde:

$C_{lt}$  = Contracción longitudinal total (%)

$D_{lv}$  = Dimensión longitudinal en estado verde

$D_{la}$  = Dimensión longitudinal en estado anhidro

La fórmula convencional que se aplicó para la determinación de la contracción volumétrica total del estado verde al estado anhidro es:

$$C_{vt}(\%) = \frac{C_{vv} - C_{va}}{C_{vv}} \times 100$$

Donde:

$C_{vt}$  = Contracción volumétrica total (%)

$C_{vv}$  = Contracción volumétrica en estado verde

$C_{va}$  = Contracción volumétrica en estado anhidro

Según Crespo *et al.* (2008), la fórmula convencional que se aplicó para determinar la relación de la contracción tangencial y radial es:

$$\text{Relación T/R} = \frac{\text{Contracción tangencial \%}}{\text{Contracción radial \%}}$$

### 2.3.3. Fase de gabinete y procesamiento de resultados

Obtenido los datos necesarios para la determinación de las propiedades físicas de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, se procedió a realizar los cálculos y analizar la información en hojas de cálculo del programa *Microsoft Office Excel* 2007.

Se realizó el análisis de comparación de medias a través de la prueba F (*Fisher*) y de *Duncan* en los niveles de significancia de 0.05%, con la intención de comprobar si existe diferencia significativa o no entre promedios de las propiedades físicas de árboles y tipos de bosque.

Nota: Para una mejor operación, interpretación y entendimiento de los resultados obtenidos en gabinete, se codificaron los árboles con las letras del alfabeto de la siguiente manera:

Cuadro N°16. Codificación de árboles en gabinete.

<b>Zona</b>	<b>Sub-zona</b>	<b>N° de árbol</b>	<b>Código</b>
I	I	21	A
	II	14	B
II	III	13	C
		15	D
	IV	22	E
		56	F

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO III

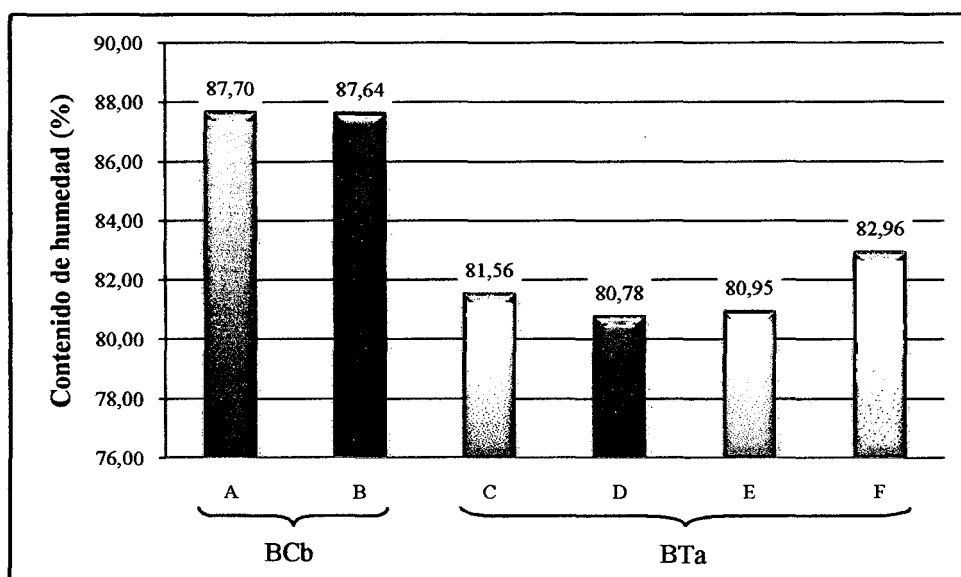
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1. Contenido de humedad

##### 3.1.1. Contenido de humedad por árboles de sub-zonas

En el siguiente gráfico se comparan los resultados del contenido de humedad de los árboles seleccionados en las sub-zonas.

Gráfico N° 01. Comparación del CH% por árboles de sub-zonas.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al gráfico N°01, el CH% determinado para los árboles A y B del BCb son de 87.70% y 87.64%, y el CH% de los árboles C, D, E y F del BTa son de 81.56%, 80.78%, 80.95% y 82.96% respectivamente. Los resultados demuestran que existe variabilidad del CH% entre árboles de la misma especie.

Las variaciones entre árboles generalmente se presentan por causas genéticas, factores ecológicos y gestión de masa (Zobel y Van Buijtenen, 1989; García *et al.*, 2003 y Velásquez *et al.*, 2009). Asimismo, la variabilidad de la madera ocurre dentro de un determinado árbol, entre árboles de una misma especie, en ocasiones,

entre poblaciones de una especie que crecen en una sola localidad (Simmons *et al.*, 1959 y Santos, 2004).

Tabla N°01. ANOVA del CH% por árboles de sub-zonas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	5	1053.13	210.63	8.7	2.29
Error	114	2760.05	24.21		
Total	119	3813.19			

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados de la tabla N°01, el F calculado (Fc) es mayor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Indicando que existe diferencia significativa al 0.05% entre promedios del CH% entre árboles de las sub-zonas.

Tabla N°02. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

Árbol	Media	Sig.
		0.05%
A	87.70	a
B	87.64	a
F	82.96	b
C	81.56	b
E	80.95	b
D	80.78	b

Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico N°01, los árboles que presentaron mayor CH% son los árboles A y B del BCb, y la tabla N°02, indica que el promedio del CH% de estos dos árboles son estadísticamente iguales al 0.05%, pero diferentes a F, C, E y D; comparando solo F, C, E y D, podemos observar que este grupo presentó menor CH%, y son estadísticamente iguales al 0.05%.

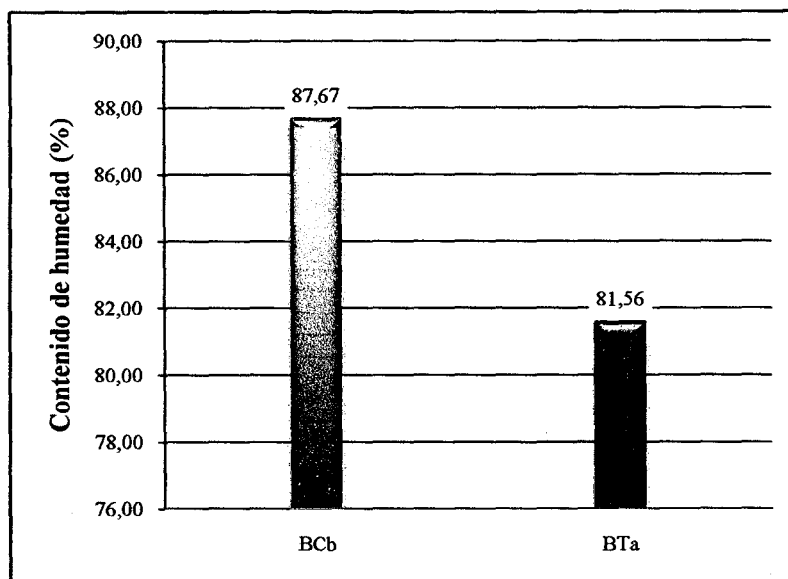
Las variaciones de la madera ocurren entre árboles provenientes en ocasiones de poblaciones de una localidad y con frecuencia de diferentes áreas geográficas (Simmons *et al.*, 1959 y Santos, 2004). Bajo esta concepción, se puede atribuir que en los dos tipos de bosque de donde se obtuvieron las muestras para el estudio, pueden existir microclimas y diversos tipos edáficos que influyen en el desarrollo



fisiológico de los árboles y por tanto, presentaron variaciones en sus propiedades físicas.

### 3.1.2. Contenido de humedad por tipo de bosque

Gráfico N°02. Comparación del CH% por tipo de bosque.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°03. ANOVA del CH% por tipo de bosque.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0,05%
Trat.	1.00	37.29	37.29	241.34	18.51
Error	2.00	0.31	0.15		
Total	3.00	37.60			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°02, los promedios determinados del CH% de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz por tipo de bosque son 87.67% para el BCb (bosque de colina baja) y 81.56% para el BTa (bosque de terraza alta).

Según la tabla N°03, el F calculado (F<sub>c</sub>) es mayor al F tabulado (F<sub>t</sub>) en el nivel de 0.05%. Indicando que existe diferencia significativa entre promedios del CH% de los dos tipos de bosque. Esto indica que hay efecto del CH% por tipo de bosque.

La diferencia encontrada en el CH% por tipo de bosque, probablemente se debió a la textura y composición de los suelos encontrados en los dos tipos de bosque, ya que el suelo del BTa está compuesto de textura franco arenoso a franco arenoso arcilloso y presenta una capacidad retentiva de agua media a alta; en cambio, el suelo del BCb es de textura franco arcilloso a arcilloso y tiene una capacidad retentiva de agua alta. Esto explica el porqué, el CH% del BCb es mayor al CH% del BTa.

Los resultados del CH% determinados para los dos tipos de bosque en estudio son mayores a lo reportado por Gutiérrez y Silva (1999) quienes reportaron para esta especie un CH% de 68.43%. La diferencia encontrada en el CH%, probablemente se deba a que los autores determinaron el CH% a partir de madera oreada y de lugares ecológicos y edáficos muy secos.

El CH% influye directamente en la utilización y en las propiedades físico-mecánicas de la madera, a mayor contenido de humedad: menor resistencia de la madera, menor poder calorífico, menor peso específico y mayor susceptibilidad al ataque de hongos (Arroyo, 1983), bajo esta concepción se puede atribuir que la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz del BCb está más propenso a ser menos durable y puede sufrir daños debido a que el CH% en este tipo de bosque es mayor a diferencia del CH% del BTa.

Tabla N°04. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

Tipo de bosque	Media	Sig.
		0.05%
BCb	87.67	a
BTa	81.56	b

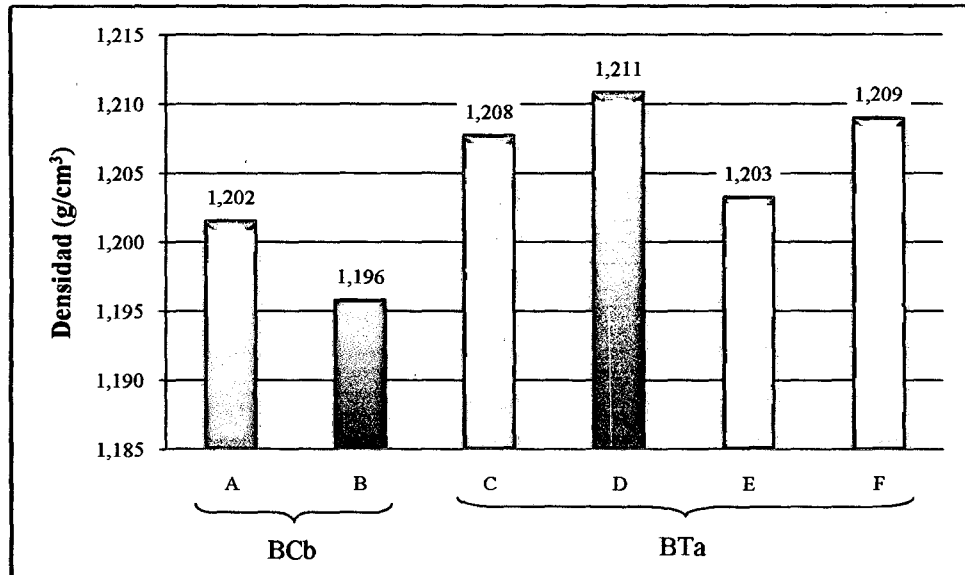
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°04, el CH% del BCb es significativo con respecto al CH% del BTa en el nivel de 0.05%. Los resultados de la comparación de promedios de *Duncan* demuestran que el CH% del BCb es estadísticamente diferente al CH% del BTa, debido a los diferentes factores ecológicos y edáficos encontrados en los dos tipos de bosque.

### 3.2. Densidad

#### 3.2.1. Densidad por árboles de sub-zonas

Gráfico N°03. Comparación de la Densidad por árboles de sub-zonas.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°03, la densidad determinada para los árboles A y B son de 1.202 gr/cm<sup>3</sup> y 1.196 gr/cm<sup>3</sup>, y los árboles C, D, E y F presentaron densidades de 1.208 gr/cm<sup>3</sup>, 1.211 gr/cm<sup>3</sup>, 1.203 gr/cm<sup>3</sup> y 1.209 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. La densidad no es constante dentro de una especie ni dentro de un mismo árbol (Vignote y Jiménez, 1996). Los resultados demuestran que la densidad en la madera de diferentes árboles de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, no son constantes.

Tabla N°05. ANOVA de la densidad por árboles de sub-zonas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	5	0.0031	0.0006	7.15	2.29
Error	114	0.0100	0.0001		
Total	119	0.0131			

Fuente: Elaboración propia

Según de la tabla N°05, el F calculado (Fc) es mayor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Indicando que existe diferencia significativa entre promedios de árboles en este nivel.

La variación de la densidad determinada para los árboles en las sub-zonas y tipos de bosque estudiados, varía de acuerdo a la ubicación de la pieza de madera en el tronco y al contenido de humedad que presenta (Escobar *et al.*, 2005). La variación de la densidad entre árboles también está estrechamente relacionado con la estructura anatómica, el tamaño del lumen celular y el espesor de la pared celular, (Zobel y Talbert, 1984), y depende básicamente del tamaño de la célula (Valero *et al.*, 2003); las maderas con densidades generalmente altas presentan células con cavidades estrechas y paredes celulares gruesas (Escobar *et al.*, 2005).

La densidad también varía de acuerdo a la ubicación de la pieza madera en el tronco, desde la medula hasta el exterior o de la base del tronco hacia arriba, quiere decir que la densidad no es constante en toda la longitud del árbol ni de la medula al exterior (Simmons *et al.*, 1959), la variación con la altura del árbol, se debe a que las trozas de la copa constan principalmente de madera juvenil, mientras que las trozas de la base del mismo árbol poseen más madera madura con una mayor densidad (Santos, 2004).

Tabla N°06. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

Árbol	Media	Sig.
		0.05%
D	1.211	a
F	1.209	ab
C	1.208	abc
E	1.203	bcd
A	1.202	cd
B	1.196	d

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°06, el promedio de la densidad del árbol D no es significativo estadísticamente respecto a F y C, pero si hay diferencia estadística respecto a la densidad de E, A y B. Comparando F, C y E, al 0.05% indica que no hay diferencia o no son significativos; de igual manera la densidad de los árboles C, E y A, no son

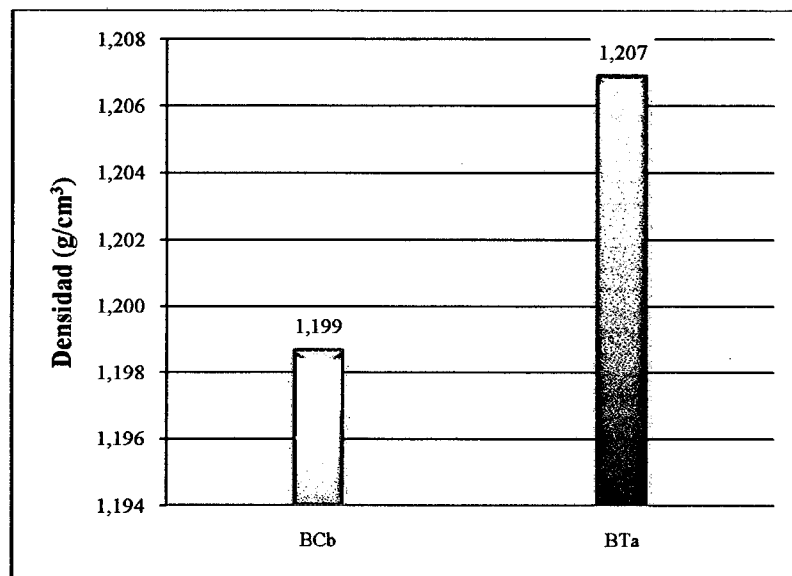
significativos, indicando que son estadísticamente iguales al 0.05%, comparando solo E, A y B, indica también que no hay diferencia o no son significativos al 0.05%.

En resumen, la densidad de los árboles son diferentes y por lo tanto existe variabilidad de la densidad entre árboles de los dos tipos de bosque.

El valor de las propiedades puede variar ampliamente dentro de un mismo árbol, estando relacionado con el leño producido por distintas edades fisiológicas del cambium (Yang *et al.*, 1994; Monteoliva *et al.*, 2002). Uno de los factores que se ha podido rescatar de este análisis, es la edad del árbol, en esta investigación se tomó árboles con distintos DAP's y árboles de distintas edades, las trozas se extrajeron de distintas partes del árbol y probablemente esa sea el motivo de la variación de la densidad.

### 3.2.2. Densidad por tipo de bosque

Gráfico N°04. Comparación de la densidad por tipo de bosque.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el gráfico N°04, la densidad promedio determinado para el BCb fue 1.199 gr/cm<sup>3</sup> y 1.207 gr/cm<sup>3</sup> para el BTa. Los valores determinados de la densidad para los dos tipos de bosque son diferentes a los reportados por el CIRAD (2009),

esta institución reporta para la especie *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz una densidad de 0.87 gr/cm<sup>3</sup>.

La densidad reportado por el CIRAD (2009) es menor a lo determinado para los dos tipos de bosque. Esta diferencia quizá se deba a los diferentes factores climatológicos, geológicos y la procedencia del material experimental empleado para los ensayos de las propiedades físicas empleadas por esta institución. La madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz, estudiada por el CIRAD (2009) debió provenir de un lugar seco y diferente a las dos zonas estudiadas, esto que explica por qué se obtuvo un menor valor para la densidad de la madera en esta especie.

La densidad es un indicativo de cuanto material leñoso presenta una madera llámese paredes celulares o materia sólida (Escobar *et al.*, 2005) y la presencia relativa de los distintos elementos que la componen llámese vasos, traqueidas, fibras y células de parénquima, básicamente depende del tamaño de las células (Zobel y Talbert, 1984; Valero *et al.*, 2003); los responsables de las variaciones de la densidad son el espesor de la pared celular y la proporción de madera temprana y tardía (Pashin y De Zeeuw, 1980). Bajo estas concepciones podemos atribuir, que una de las principales fuentes de variación de la densidad en los árboles en su desarrollo fisiológico se debe a la calidad de sitio y al tipo de suelo en la que se desarrolla un determinado árbol; por lo tanto, la textura del suelo tendrá influencia en el desarrollo de los distintos elementos que componen un árbol llámese vasos, traqueidas, fibras y grosor de la pared celular.

En este estudio el BCb presento menor densidad en comparación al BTa, la diferencia posiblemente se debió a la composición química que presentan los suelos, a los niveles de materia orgánica presentes y a la reacción del pH que presentan los suelos de estos dos tipos de bosque.

Tabla N°07. ANOVA de la densidad por tipo de bosque.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	1.00	0.00007	0.00007	4.82	18.51
Error	2.00	0.00003	0.00001		
Total	3.00	0.00010			

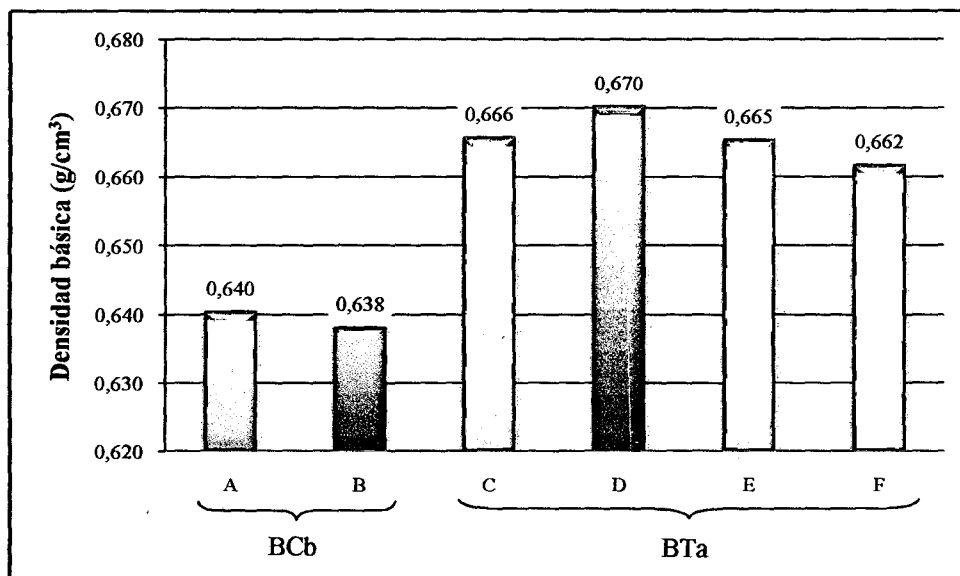
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°07, el F calculado (Fc) es menor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Esto significa que no existe diferencia estadística significativa entre promedios de la densidad para este nivel. Indicando que la densidad en el BCb y BTa son iguales.

### 3.3. Densidad básica

#### 3.3.1. Densidad básica por árboles de sub-zonas

Gráfico N°05. Comparación de la densidad básica por árboles de sub-zonas.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°05, los resultados de la densidad básica para los árboles A y B son 0.640 gr/cm<sup>3</sup> y 0.638 gr/cm<sup>3</sup>, y los árboles C, D, E y F presentan densidades de 0.666 gr/cm<sup>3</sup>, 0.670 gr/cm<sup>3</sup>, 0.665 gr/cm<sup>3</sup> y 0.662 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. Según la clasificación propuesta por Aróstegui (1975), la densidad básica de los seis árboles estudiados clasifican como maderas de alta

densidad básica por presentar valores entre 0.61 a 0.75 gr/cm<sup>3</sup> y corresponden al Grupo IV.

Tabla N°08. ANOVA de la densidad básica por árboles de sub-zonas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	5	0.0195	0.0039	9.43	2.29
Error	114	0.0471	0.0004		
Total	119	0.0666			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°08, el F calculado (Fc) es mayor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Indicando que existe diferencia significativa entre promedios de árboles de la densidad básica en el nivel de 0.05%.

Tabla N°09. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

Árbol	Media	Sig.
		0.05%
D	0.670	a
C	0.666	a
E	0.665	a
F	0.662	a
A	0.640	b
B	0.638	b

Fuente: Elaboración propia

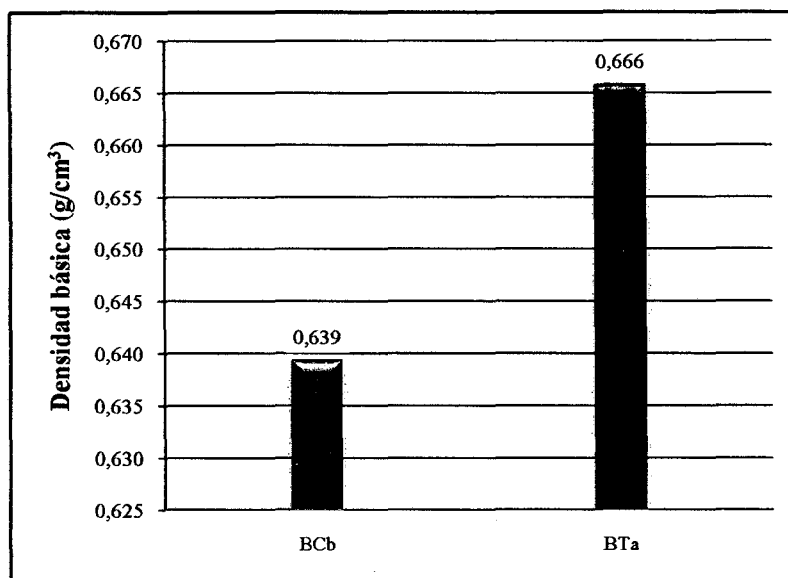
Según la tabla N°09, el promedio de la densidad básica al 0.05% del árbol D no es significativo estadísticamente respecto a C, E y F, pero si hay diferencia estadística respecto al árbol A y B. Comparando solo A y B al 0.05% no presentan diferencia significativa, indicando que son estadísticamente iguales pero diferente a D, C, E y F.

La densidad básica también varía según el CH% y el contenido de sustancia en las células (Escobar *et al.*, 2005). Los árboles A y B fueron los que presentaron mayor CH%; por lo tanto, al momento del secado en estufa perdieron mayor cantidad de agua ubicado en los espacios intercelulares comúnmente conocido como agua libre y consecuentemente presentaron mayor disminución de masa de la probeta.



### 3.3.2. Densidad básica por tipo de bosque

Gráfico N°06. Comparación de la densidad básica por tipo de bosque.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°06, la densidad básica determinada para el BCb es 0.639 gr/cm<sup>3</sup> y 0.666 gr/cm<sup>3</sup> para el BTa. Los resultados determinados para los dos tipos de bosque son diferentes y menores a lo reportado por Gutiérrez y Silva (1999) quienes determinaron para esta especie una densidad básica de 0.74 gr/cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, se demuestra que existe variación de la densidad básica entre tipos de bosque y entre diferentes áreas geográficas.

La razón de esta diferencia probablemente se deba a la procedencia del material experimental estudiada por los investigadores, pues esta debió provenir de un lugar seco y diferente a las dos zonas estudiadas en esta investigación.

Tabla N°10. ANOVA de la densidad básica por tipo de bosque.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	1.00	0.00070	0.00070	112.31	18.51
Error	2.00	0.00001	0.00001		
Total	3.00	0.00071			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°10, el F calculado (Fc) es mayor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Indicando que existe diferencia significativa entre promedios de la densidad básica de los dos tipos de bosque. Esto indica que hay efecto en la densidad básica por tipo de bosque, debido al CH% y a la cantidad de materia sólida presente en los árboles del BCb.

Comparando la densidad básica por tipo de bosque y lo determinado por Gutiérrez y Silva (1999) demuestran que el CH% tiene gran influencia en la determinación de esta propiedad física, analizando los valores determinados, se llega a la conclusión siguiente: a mayor CH% menor será la densidad básica y a menor CH% mayor densidad básica.

Tabla N°11. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

Tipo de bosque	Media	Sig.
		0.05%
BTa	0.666	a
BCb	0.639	b

Fuente: Elaboración propia

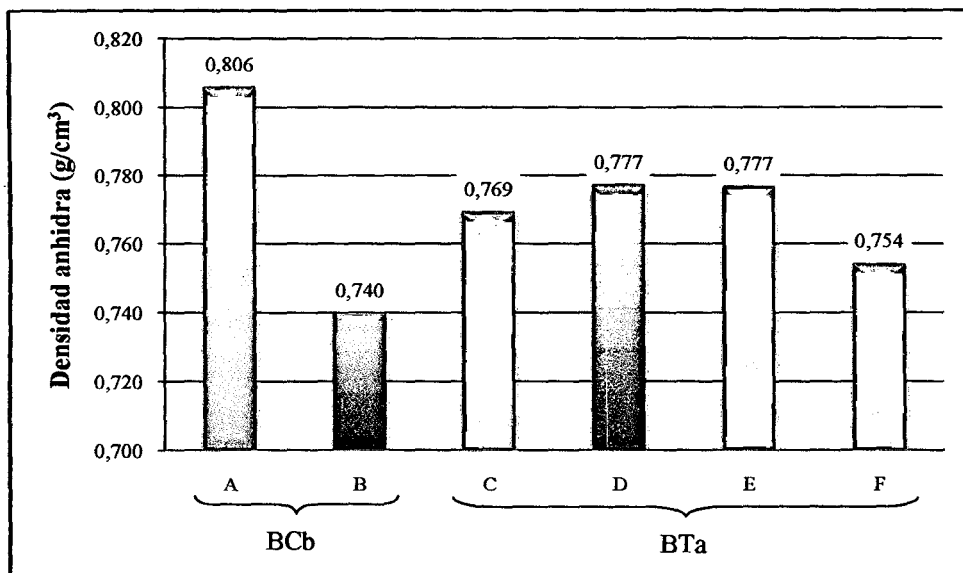
Según la tabla N°11, la densidad básica del BCb es significativo con respecto a la densidad básica del BTa en el nivel de 0.05%. Los resultados de la comparación de promedios de *Duncan* demuestran que la densidad básica del BCb es estadísticamente diferente a la del BTa.

La clasificación de maderas propuesta por Aróstegui (1975), debido a su importancia en el uso y a su relación con la resistencia mecánica, la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz de los dos tipos de bosque clasifican como madera de “alta densidad” por encontrarse dentro del rango de 0.61 a 0.75 g/cm<sup>3</sup> y se encuentran dentro del Grupo IV de clasificación donde se encuentran especies como: *Copaifera officinalis* Ducke (Copaiba), *Aspidosperma macrocarpon* Mart. (Pumaquiro), *Hymenaea oblongifolia* L. (Azúcar huayo), entre otros.

### 3.4. Densidad anhidra

#### 3.4.1. Densidad anhidra por árboles de sub-zonas

Gráfico N°07. Comparación de la densidad anhidra por árboles de sub-zonas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°12. ANOVA de la densidad anhidra por árboles de sub-zonas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	5	0.0507	0.0101	15.58	2.29
Error	114	0.0742	0.0007		
Total	119	0.1249			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°07, la densidad anhidra determinada para los árboles A y B son de 0.806 gr/cm<sup>3</sup> y 0.740 gr/cm<sup>3</sup>, y para los árboles C, D, E y F son: 0.769 gr/cm<sup>3</sup>, 0.777 gr/cm<sup>3</sup>, 0.777 gr/cm<sup>3</sup> y 0.754 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente.

Según de la tabla N°12, el F calculado (Fc) es mayor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Indicando que existe diferencia significativa entre promedios de árboles de la densidad anhidra.

Tabla N°13. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

Árbol	Media	Sig.
		0.05%
A	0.806	a
D	0.777	b
E	0.777	b
C	0.769	bc
F	0.754	c
B	0.740	c

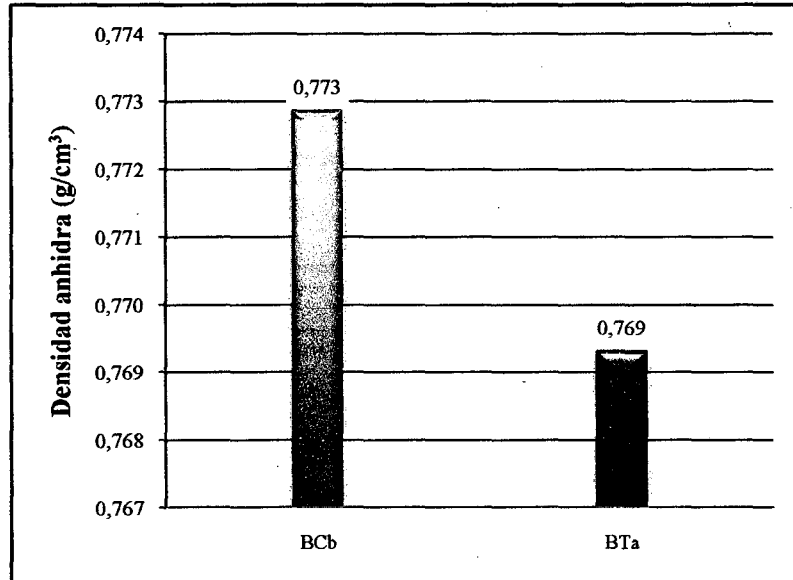
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°13, el promedio de la densidad anhidra del árbol A es significativo con respecto a D, E, C, F y B. Comparando solo D, E y C, indican que son iguales y no significativos estadísticamente al 0.05%, de igual manera la densidad anhidra de los árboles C, F y B no tienen diferencia significativa y son estadísticamente iguales al 0.05%.

Es bien conocido que la densidad anhidra es la relación entre el peso y el volumen ambos anhidros; haciendo un análisis más profundo de donde se obtuvieron las probetas para los ensayos podemos encontrar que la fuente de variación de la densidad se debe a la ubicación de las viguetas dentro de la troza, porque la selección de las viguetas se realizó al azar, las viguetas seleccionadas en el árbol A corresponden a las viguetas 2 y 3, en ese entender la vigueta 2 es la que se encontraba más próximo a la albura y por lo tanto sufrió mayor contracción volumétrica debido a la mayor cantidad de humedad presente en la madera.

### 3.4.2. Densidad anhidra por tipo de bosque

Gráfico N°08. Comparación de la densidad anhidra por tipo de bosque.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°08, la densidad anhidra determinada para el BCb fue de 0.773 gr/cm<sup>3</sup> y 0.769 gr/cm<sup>3</sup> para el BTa. Por lo tanto, según los resultados se puede ver que la variación de la densidad anhidra por tipo de bosque es mínima. La variación mínima que existe en la densidad anhidra por tipo de bosque se debe al CH% presente en los árboles del BCb, pues en este tipo de bosque el CH% fue mayor al CH% del BTa.

Tabla N°14. ANOVA de la densidad anhidra por tipo de bosque.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	1.00	0.00001	0.00001	0.011	18.51
Error	2.00	0.00220	0.00110		
Total	3.00	0.00222			

Fuente: Elaboración propia

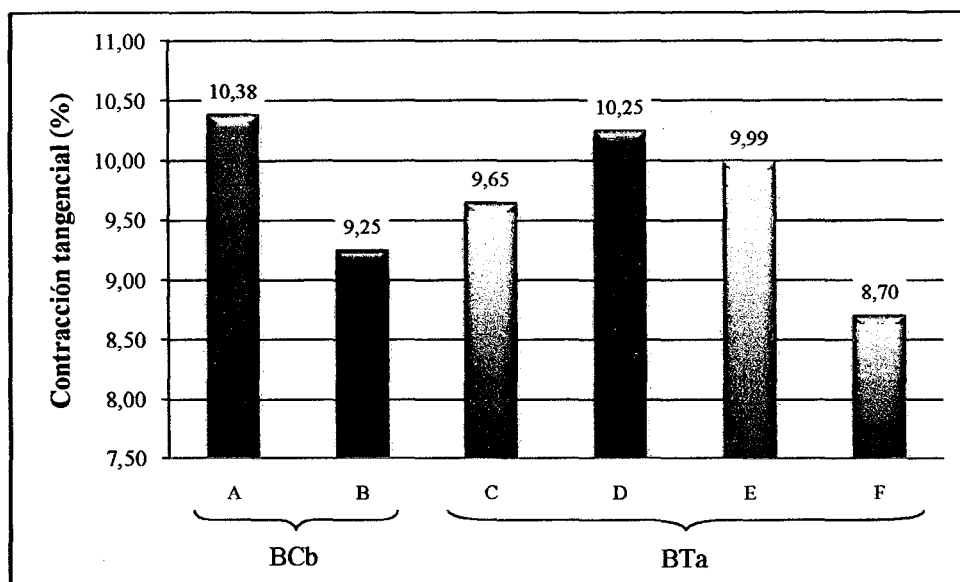
Según la tabla N°14, el F calculado (Fc) es menor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Esto significa que no existe diferencia estadística significativa entre promedios de la densidad anhidra para este nivel. Indicando que la densidad anhidra son iguales en el BCb y BTa.

Por lo tanto, la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz de los dos tipos de bosque según su densidad anhidra clasifican como maderas “pesadas” por encontrarse dentro del rango clasificación de 0.71 a 0.86 gr/cm<sup>3</sup> (Aróstegui, 1975; citado por Rivero, 2004).

### 3.5. Contracción tangencial

#### 3.5.1. Contracción tangencial por árboles de sub-zonas

Gráfico N°09. Comparación de la contracción tangencial por árboles de sub-zonas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°15. ANOVA de la contracción tangencial por árbol.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	5	41.04	8.21	4.54	2.29
Error	114	206.27	1.81		
Total	119	247.31			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°09, la contracción tangencial total determinada para los árboles A y B del BCb son de 10.38% y 9.25%, y para los árboles C, D, E y F del BTa son de 9.65%, 10.25%, 9.99% y 8.70% respectivamente.

Según de la tabla N°15, el F calculado (Fc) es mayor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Indicando que existe diferencia significativa entre promedios de árboles. Los resultados indican que existe variación de la contracción tangencial entre árboles de las sub-zonas.

La variabilidad de las propiedades ocurre entre árboles de una misma especie que crecen en una sola localidad y la madera puede variar ampliamente dentro de un árbol, desde la medula hasta el exterior o de la base del tronco hacia arriba (Simmons *et al.*, 1959 y Santos, 2004). En el gráfico N°09 y tabla N°15, se observa que la contracción tangencial varía entre árboles, esta variación puede ser atribuida a la presencia de madera juvenil en las probetas ensayadas.

Tabla N°16. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

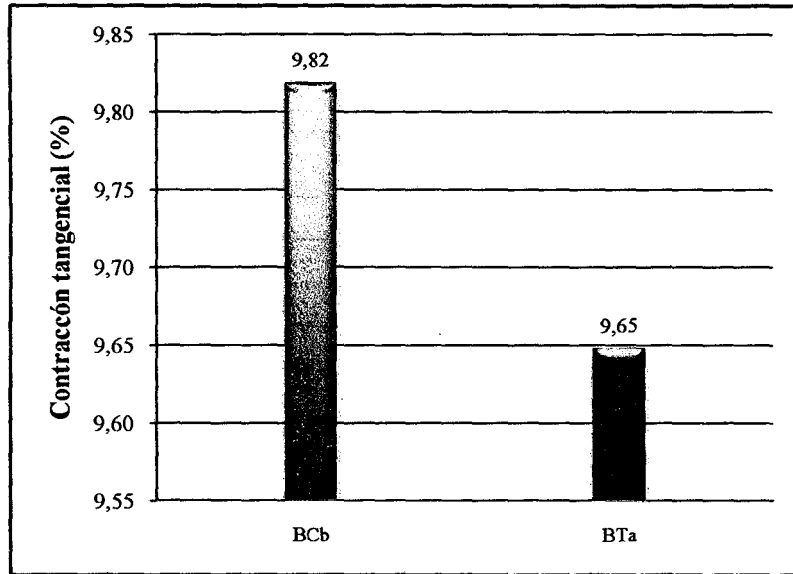
Árbol	Media	Sig.
		0.05%
A	10.38	a
D	10.25	a
E	9.99	ab
C	9.65	abc
B	9.25	bc
F	8.70	c

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°16, la contracción tangencial al 0.05% de A, no es significativo estadísticamente respecto a D, E y C, pero si hay diferencia estadística respecto a B y F. Comparando solo la contracción tangencial de E, C y B, indica también que no hay diferencia o no son significativos, de igual manera comparando C, B y F, no presentan diferencia significativa indicando que son estadísticamente iguales al 0.05%.

### 3.5.2. Contracción tangencial por tipo de bosque

Gráfico N°10. Comparación de la contracción tangencial por tipo de bosque.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°17. ANOVA de la contracción tangencial por tipo de bosque.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0,05%
Trat.	1.00	0.02914	0.02914	0.071	18.51
Error	2.00	0.82219	0.41110		
Total	3.00	0.85133			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°10, el valor determinado de la contracción tangencial para el BCb es 9.82% y 9.65% para el BTa.

Según la tabla N°17, el F calculado (Fc) es menor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Esto significa que no existe diferencia estadística significativa entre promedios de la contracción tangencial para este nivel. Indicando que la contracción tangencial es igual en el BCb y BTa.

Los valores determinados de la contracción tangencial para los dos tipos de bosque son mayores a los reportados por el CIRAD (2009); esta institución reporta para esta especie una contracción tangencial de 8.60%, por otra parte Gutiérrez y Silva (1999), reportaron para esta especie una contracción tangencial de 9%.

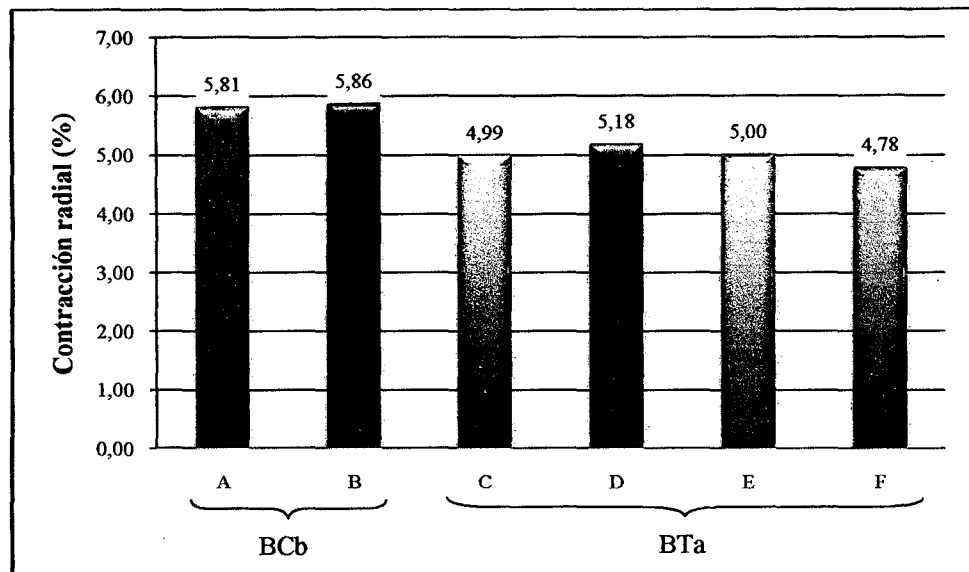


Las diferencias se presentan en ocasiones entre las poblaciones de una especie que crecen en una sola localidad y con frecuencia, entre las especies que crecen en diferentes áreas geográficas (Simmons, 1959 y Santos, 2004). Comparando los resultados obtenidos por tipo de bosque y los resultados reportados por el CIRAD (2009), Gutiérrez y Silva (1999) son diferentes entre sí, esta diferencia probablemente se deba al desconocimiento con exactitud la procedencia del material experimental empleado por estos dos autores o las muestras procedieron de diferentes localidades y diferentes zonas geográficas.

### 3.6. Contracción radial

#### 3.6.1. Contracción radial por árboles de sub-zonas

Gráfico N°11. Comparación de la contracción radial por árboles de sub-zonas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°18. ANOVA de la contracción radial por árboles de sub-zonas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	5	20.86	4.17	2.97	2.29
Error	114	160.13	1.40		
Total	119	180.99			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°11, la contracción radial total determinada para los árboles A y B del BCb son de 5.81% y 5.86%, y para los árboles C, D, E y F del BTa son de 4.99%, 5.18%, 5.00% y 4.78% respectivamente.

Según la tabla N°18, el F calculado ( $F_c$ ) es mayor al F tabulado ( $F_t$ ), indicando que existe diferencia significativa entre promedios de la contracción radial entre árboles al 0.05%.

Tabla N°19. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

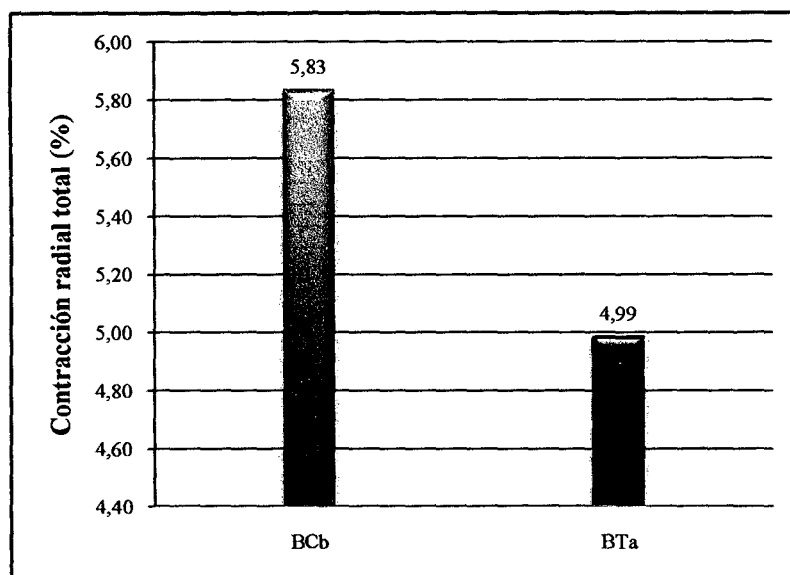
Árbol	Media	Sig.
		0,05%
B	5.86	a
A	5.81	ab
D	5.18	abc
E	5.00	bc
C	4.99	c
F	4.78	c

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°19, la contracción radial del árbol B, no es significativo con respecto a los árboles A y D, indicando que no existe diferencia estadística en el nivel de 0.05%. Comparando solo A, D y E, no presentan diferencia significativa, indicando que son estadísticamente iguales, de igual manera si comparamos D, E, C y F, no presentan diferencia significativa indicando que son estadísticamente iguales al 0.05%.

### 3.6.2. Contracción radial por tipo de bosque

Gráfico N°12. Comparación de la contracción radial por tipo de bosque.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°20. ANOVA de la contracción radial por tipo de bosque.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	1.00	0.72147	0.72147	73.29	18.51
Error	2.00	0.01969	0.00984		
Total	3.00	0.74116			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°12, el valor promedio determinado de la contracción radial para el BCb es 5.83% y 4.99% para el BTa. Los valores determinados por tipo de bosque son diferentes a los reportados por el CIRAD (2009), quienes reportaron para esta especie una contracción radial de 5.20%, y Gutiérrez y Silva (1999), reporta para esta especie una contracción radial de 4.92%.

Según la tabla N°20, el F calculado (Fc) es mayor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Indicando que existe diferencia significativa entre promedios de la contracción radial de los dos tipos de bosque. Esto indica que hay efecto en la contracción radial por tipos de bosque debido al CH% y cantidad de sustancia de la pared celular presente en los árboles del BCb.

Tabla N°21. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

Tipo de bosque	Media	Sig.
		0.05%
BCb	5.83	a
BTa	4.99	b

Fuente: Elaboración propia

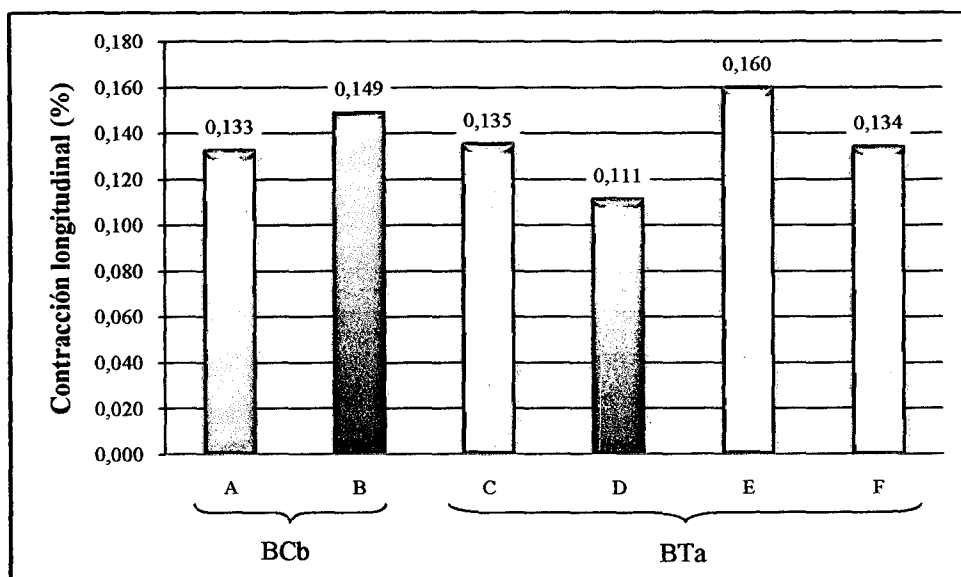
Según la tabla N°21, el promedio de la contracción radial de la madera del BCb es significativo con respecto al BTa en el nivel de 0.05%. Los resultados de la comparación de promedios de *Duncan* demuestran que la contracción radial del BCb es estadísticamente diferente a la contracción radial del BTa.

Conociendo los valores promedios de la contracción tangencial y radial, se puede distinguir la variación que existe en ambas direcciones, la contracción tangencial es mayor que la contracción radial. La contracción tangencial es en términos medios dos veces más fuerte que la contracción radial (Chargoy, 1967 y Santos, 2004) es mayor en el sentido tangencial a los anillos de crecimiento, y menor en el sentido perpendicular a los anillos (sentido radial) (Vargas, 1987).

### 3.7. Contracción longitudinal

#### 3.7.1. Contracción longitudinal por árboles de sub-zonas

Gráfico N°13. Comparación de la contracción longitudinal por árboles de sub-zonas.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°13, la contracción longitudinal determinada para los árboles A y B del BCb son de 0.133% y 0.149%, y los árboles C, D, E y F del BTa presentaron valores de 0.135%, 0.111%, 0.160% y 0.134%. Por lo tanto, se confirma que la contracción longitudinal es menor de 1% entre árboles de una misma especie.

Tabla N°22. ANOVA de la contracción longitudinal por árboles de sub-zonas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	5	0.027	0.005	0.70	2.29
Error	114	0.878	0.008		
Total	119	0.906			

Fuente: Elaboración propia

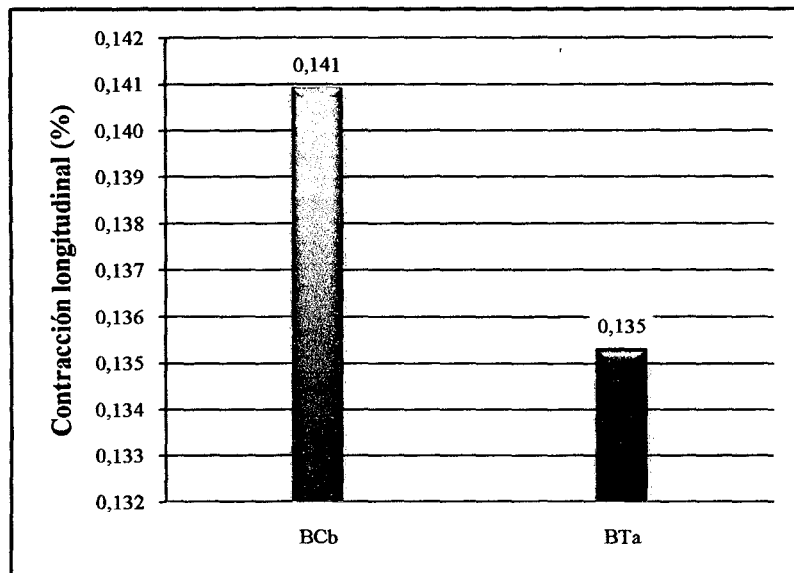
Según la tabla N°22, el F calculado (Fc) es menor al F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Esto significa que no existe diferencia estadística significativa entre

promedios para este nivel. Indicando que la contracción tangencial entre árboles son iguales en los dos tipos de bosque.

La contracción es mayor en el sentido tangencial a los anillos de crecimiento menor en el sentido radial y mínimo en el sentido de las fibras (paralelo al eje del árbol) (Vargas, 1987). Haciendo una comparación entre promedios de las contracciones tangencial, radial y longitudinal por árbol, la contracción longitudinal es la que presento una mínima contracción, menor en el sentido radial y mayor en el sentido tangencial entre árboles.

### 3.7.2. Contracción longitudinal por tipo de bosque

Gráfico N°14. Comparación de la contracción longitudinal por tipo de bosque.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°23. ANOVA de la contracción longitudinal por tipo de bosque.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	1.00	0.00003	0.00003	0.15	18.51
Error	2.00	0.00042	0.00021		
Total	3.00	0.00045			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°14, la contracción longitudinal total determinada para el BCb es 0.141% y 0.135% para el BTa, presentando una mínima diferencia entre promedios de los dos tipos de bosque.

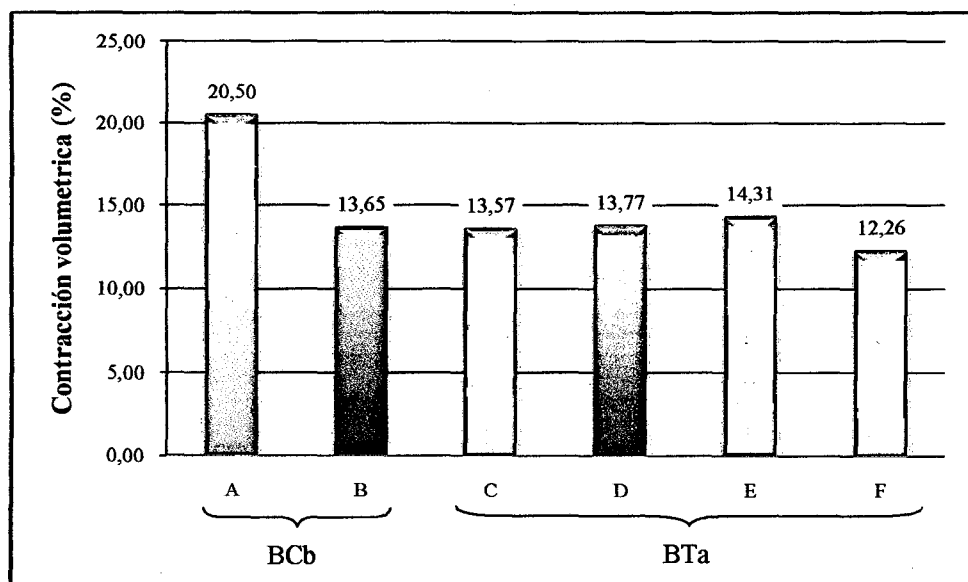
Según la tabla N°23, el F calculado ( $F_c$ ) es menor que el F tabulado ( $F_t$ ) en el nivel de 0.05%. Esto significa que no existe diferencia significativa entre promedios de la contracción longitudinal en este nivel. Indicando que la contracción longitudinal es igual en el BCb y BTa.

Comparando los gráficos N°10 y N°12 con el gráfico N°14, vemos que las contracciones tangencial y radial son los que más se contraen a diferencia de la contracción longitudinal que se contrae en mínimo porcentaje. La contracción longitudinal en madera normal oscila entre 0.1 y 0.3% y puede alcanzar valores más altos en madera juvenil y madera de reacción (Siau, 1984; León y Espinoza, 2001); bajo este concepto la contracción longitudinal determinada para los dos tipos de bosque se encuentran en el rango de (0.1 y 0.3%) Siau (1984).

### 3.8. Contracción volumétrica

#### 3.8.1. Contracción volumétrica por árboles de sub-zonas

Gráfico N°15. Comparación de la contracción volumétrica por árboles de sub-zonas.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°15, la contracción volumétrica determinada para los árboles A y B del BCb son de 20.50% y 13.65%, y los árboles C, D, E y F del BTa presentaron valores de 13.57%, 13.77%, 14.31% y 12.26% respectivamente. Según la clasificación propuesta por Vargas (1987) el árbol F presenta contracción volumétrica “mediana”; B, C, D y E “alta” y A “muy alta”.

Tabla N°24. ANOVA de la contracción volumétrica por árboles de sub-zonas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	5	860.37	172.07	99.29	2.29
Error	114	197.56	1.73		
Total	119	1057.93			

Fuente: Elaboración propia

Según de la tabla N°24, el F calculado (Fc) es mayor que el F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Indicando que existe diferencia significativa entre promedios de la contracción volumétrica en este nivel.

La contracción e hinchamiento son mayores en madera de alta densidad y son directamente proporcionales al peso específico o cantidad de sustancia de la pared celular (Siau, 1984; León y Espinoza, 2001). En este estudio se observa que la contracción volumétrica es menor en la madera de alta densidad. Si nos situamos en la densidad determinada para los árboles C, D, E y F del BTa, son los que presentaron mayor densidad, consiguientemente lo propuesto por Siau (1984), León y Espinoza (2001), se estaría cumpliendo, ya que este grupo de árboles presentaron menor contracción volumétrica, excepto el árbol A, que presento mayor contracción (20.50%), esto posiblemente se debió a la cantidad de sustancia de la pared celular presente en cada árbol.



Tabla N°25. Resultados de significancia vertical (*Duncan*).

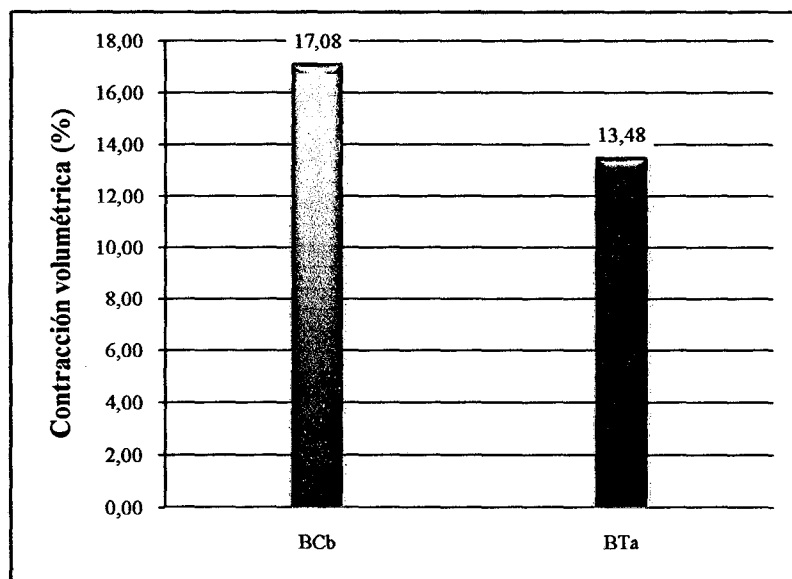
Árbol	Media	Sig.
		0,05%
A	20.50	a
E	14.31	b
D	13.77	bc
B	13.65	bcd
C	13.57	bcd
F	12.26	e

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°25, la contracción volumétrica total del árbol A es significativo estadísticamente al 0.05% respecto a E, D, B, C y F. Comparando solo E, D, B, y C, indica que no existe diferencia significativa o son estadísticamente iguales. Si comparamos D, B y C indica también que son estadísticamente iguales al 0.05% de igual manera B y C. Comparando F, indica que son estadísticamente diferentes en con respecto a la contracción volumétrica de A, E, D, B y C el nivel de 0.05%.

### 3.8.2. Contracción volumétrica por tipo de bosque

Gráfico N°16. Comparación de la contracción volumétrica por tipo de bosque.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°16, el valor promedio determinado de la contracción volumétrica total para el BCb es 17.08% y 13.48% para el BTa, los resultados

determinados en los dos tipos de bosque son mayores a lo reportado por Gutiérrez y Silva (1999); quienes reportan para esta especie una contracción volumétrica total de 13%.

Tabla N°26. ANOVA de la contracción volumétrica por tipo de bosque.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	1.00	12.9589	12.9589	1.10	18.51
Error	2.00	23.5327	11.7663		
Total	3.00	36.4916			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°26, el F calculado (Fc) es menor que el F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Esto significa que no existe diferencia estadística significativa entre promedios de la contracción volumétrica para el nivel de 0.05%. Indicando que la contracción volumétrica en el BCb y BTa son iguales.

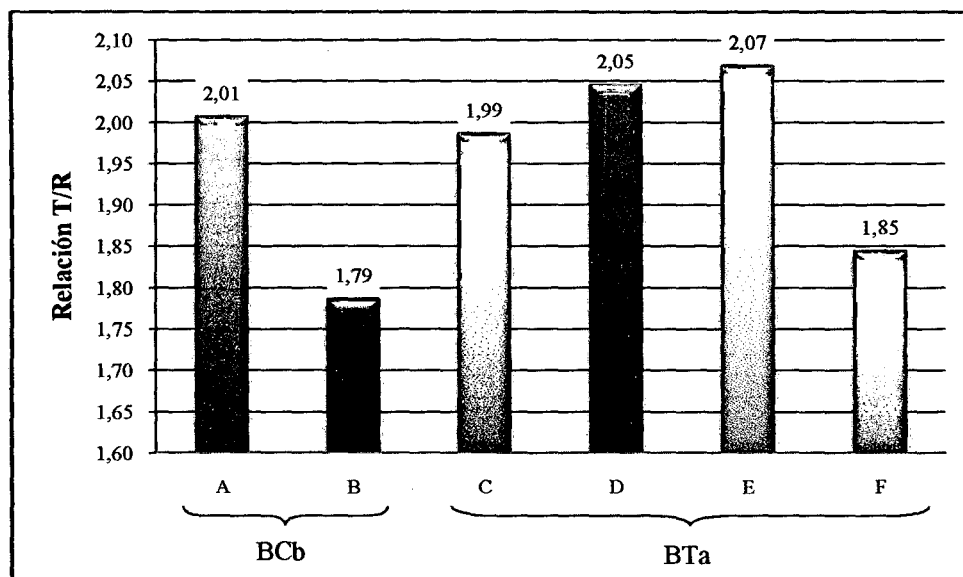
La contracción e hinchamiento son mayores en madera de alta densidad y son directamente proporcionales al peso específico o cantidad de sustancia de la pared celular (Siau, 1984; León y Espinoza, 2001). En este estudio se cumple esta relación, porque la mayor densidad lo presenta el BTa y por lo tanto presenta menor contracción volumétrica; contrariamente, la densidad en el BCb es menor a la del BTa, por lo tanto presenta mayor contracción volumétrica.

De acuerdo a la clasificación de las maderas según la contracción volumétrica total (Vargas, 1987) la madera *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz de BCb presenta una contracción volumétrica “muy alta” por ser esta > a 15.0%, y la madera del BTa presenta contracción volumétrica “alta” por presentar un valor entre 13.1 a 15.0%.

### 3.9. Relación tangencial/radial

#### 3.9.1. Relación tangencial/radial por árboles de sub-zonas

Gráfico N°17. Comparación de la relación T/R por árboles de sub-zonas.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°17, la relación tangencial/radial (T/R) determinada para los árboles A y B del BCB son de 2.01 y 1.79, y los árboles C, D, E y F del BTA presentan una Relación T/R de 1.99, 2.05, 2.07 y 1.85.

El índice de relación tangencial y radial es un índice de estabilidad dimensional de la madera, al acercarse a uno la madera es estable y tiene un buen comportamiento al secado (Aróstegui *et al.*, 1980-1981). Clasificando la madera según su estabilidad o relación tangencial/radial podemos determinar que, los árboles B, C y F presentan madera de característica “estable” por encontrarse dentro del rango de 1.50 a 2.00, y los árboles A, D y E presentan madera de característica “moderadamente estable” encontrándose dentro del rango de 2.01 a 3.00.

Tabla N°27. ANOVA de la relación T/R por árboles de sub-zonas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0.05%
Trat.	5	1.308	0.262	0.77	2.29
Error	114	38.906	0.341		
Total	119	40.215			

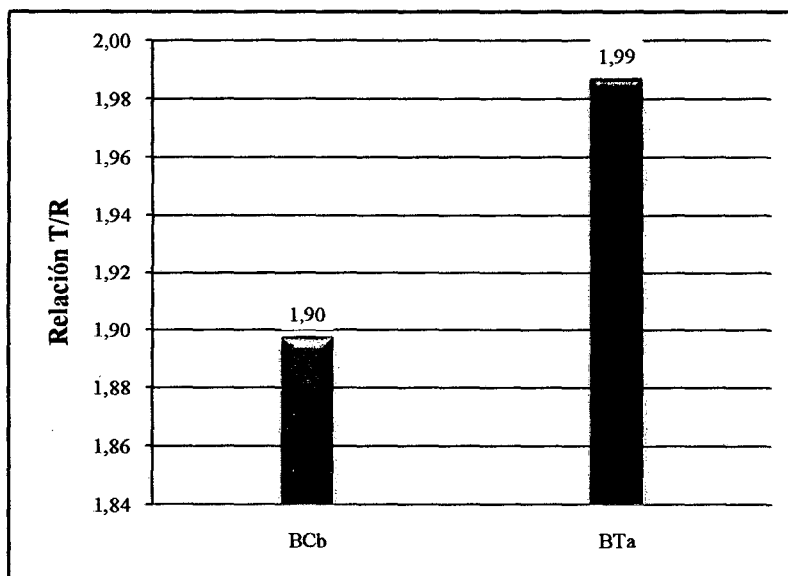
Fuente: Elaboración propia

Según de la tabla N°27, el F calculado (Fc) es menor que el F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Esto significa que no existe diferencia significativa entre promedios de relación T/R para este nivel. Indicando que la relación T/R es igual estadísticamente entre promedios de árboles.

Gutiérrez y Silva (1999) mencionan que la relación de la contracción tangencial sobre la contracción radial sufrida por la pérdida de agua higroscópica, por lo que las fibras se contraen, es decir, se reducen las dimensiones de la madera.

### 3.9.2. Relación T/R por tipo de bosque.

Gráfico N°18. Comparación de la relación T/R por tipo de bosque.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°18, la relación T/R determinado para el BCb es 1.90 y 1.99 para el BTa. La relación T/R mide la estabilidad de la madera (Gutiérrez y Silva, 1999) y este valor sirve para indicar el comportamiento de la madera al secado y a

otros diversos usos y el valor 1 (uno) es un valor más ideal, siendo la madera estable a cambios dimensionales (Vargas, 1987).

Tabla N°28. ANOVA de la relación T/R por tipo de bosque.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.E	F.c.	F.t.
					0,05%
Trat.	1,00	0,00799	0,00799	0,61	18,51
Error	2,00	0,02611	0,01305		
Total	3,00	0,03410			

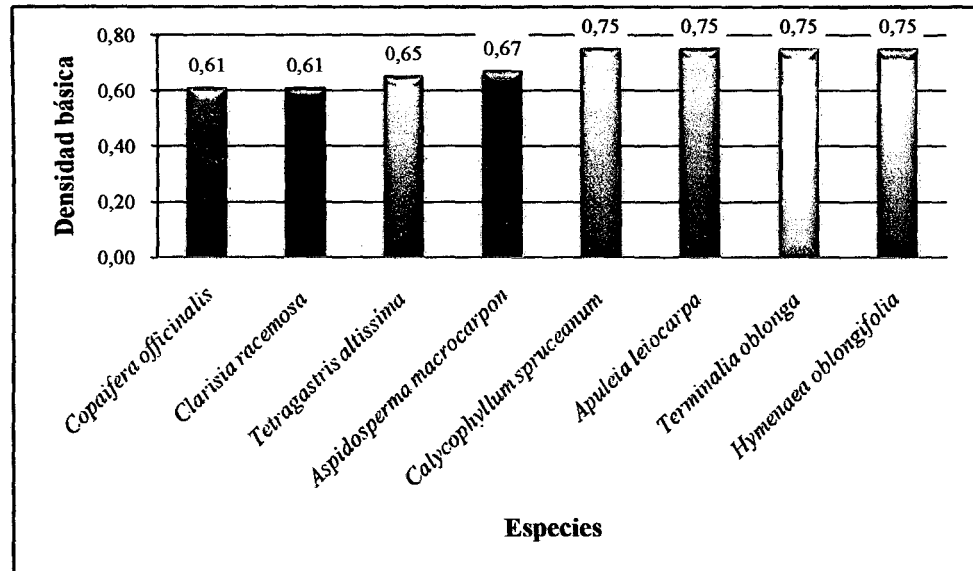
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°28, el F calculado (Fc) es menor que el F tabulado (Ft) en el nivel de 0.05%. Esto indica que no existe diferencia estadística significativa entre promedios de la relación T/R para este nivel. Indicando que la relación T/R son iguales en el BCb y BTa.

Gutiérrez y Silva (1999) clasifican la madera según su relación T/R y la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz de los dos tipos de bosque clasifican como una madera “baja o estable” y se encuentra en el rango de 1.50 a 2.00. Se puede decir que la madera de los dos tipos de bosque reaccionan positivamente a diferentes programas de secado y no presentaran tan fácilmente torceduras y deformaciones por el grado de estabilidad que presentan (Vargas, 1987).

### 3.10. Comparación de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz con especies de similar densidad básica.

Gráfico N°19. Especies de similar densidad básica a *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz.



Fuente: Elaboración propia

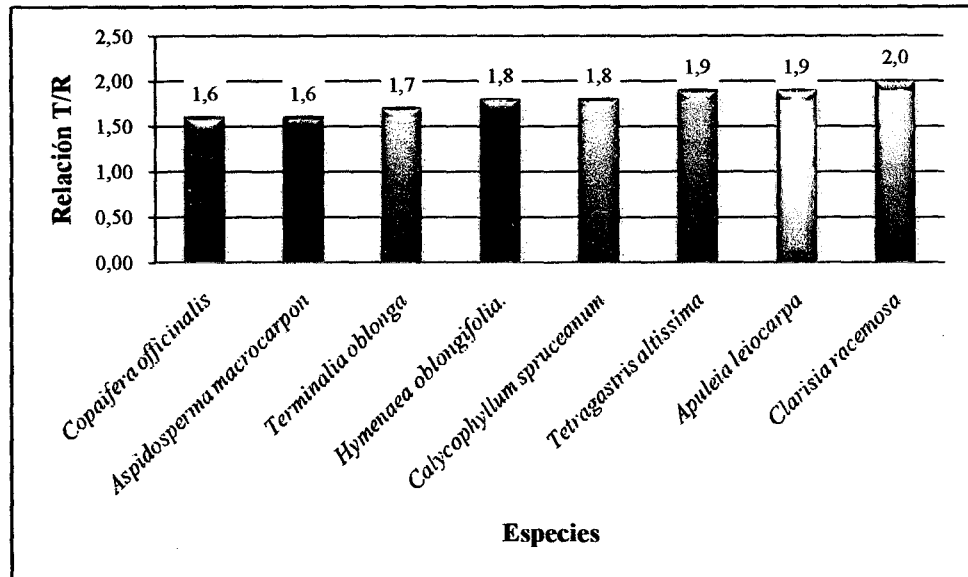
En el gráfico N°19, se comparó siete especies de similar densidad básica a *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz y dio como resultado que: *Copaifera officinalis* Ducke (Copaiba), *Clarisia racemosa* Ruiz & Pavón (Mashonaste), *Aspidosperma macrocarpon* Mart. (Pumaquiro), *Calycophyllum spruceanum* Benth (Capirona), *Apuleia leiocarpa* J. F. Macbride (Ana caspi), *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) Steudel (Yacushapana), *Hymenaea oblongifolia* L. (Azúcar huayo), clasifican como maderas de densidad básica alta por encontrarse dentro del rango de 0.61 a 0.75 gr/cm<sup>3</sup> (Aróstegui, 1975), según los resultados obtenidos podemos relacionar por aproximación los posibles usos que tiene *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz en relación a las densidades básicas de estas especies.

Las características tecnológicas más importantes de este grupo de maderas de densidad alta (0.61 a 0.75 gr/cm<sup>3</sup>) son: textura fina, propiedades de contracción de regular a mala, resistencia mecánica alta, especialmente flexión estática, compresión, cizallamiento y dureza, durabilidad natural de regular a buena. Debido a sus propiedades señaladas, las maderas de este grupo son apropiadas para la

construcción de estructuras (vigas y columnas), recubrimientos de exteriores pisos y parquet (Aróstegui, 1975).

### 3.11. Comparación de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz con especies de similar Relación T/R.

Gráfico N°20. Especies de similar índices de estabilidad a *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz.



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico N°20, se comparó siete especies de similar Relación T/R (Índice de estabilidad) con *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz el mismo que dio como resultado que: *Copaifera officinalis* Ducke (Copaiba), *Aspidosperma macrocarpon* Mart. (Pumaquiro), *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) Steudel (Yacushapana), *Hymenaea oblongifolia* L. (Azúcar huayo), *Calycophyllum spruceanum* Benth (Capirona), *Apuleia leiocarpa* J. F. Macbride (Ana caspi), *Clarisia racemosa* Ruiz & Pavón (Mashonaste), clasifican como especies de relación T/R estable por encontrarse dentro del rango de 1.50 a 2.00 (Gutiérrez y Silva, 1999), por lo tanto, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz y especies de Relación T/R semejantes reaccionaran favorablemente a diferentes procesos de secado.

## CONCLUSIONES

- Los resultados determinados para el CH% fue de 87.67% (BCb) y 81.56% (BTa). El promedio general del CH% para la especie *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz es de 84.62%.
- La densidad determinada fue de 1.207 gr/cm<sup>3</sup> (BCb) y 1.199 gr/cm<sup>3</sup> (BTa). El promedio general de la densidad fue de 1.20 gr/cm<sup>3</sup>.
- La densidad básica determinada fue de 0.666 gr/cm<sup>3</sup> (BTa) y 0.639 gr/cm<sup>3</sup> (BCb). El promedio general de la densidad básica determinada es de 0.65 gr/cm<sup>3</sup>, lo que indica que es una madera de densidad básica alta.
- La densidad anhidra determinada fue de 0.773 gr/cm<sup>3</sup> (BCb) y 0.769 gr/cm<sup>3</sup> (BTa). El promedio general de la densidad anhidra determinada fue de 0.77 gr/cm<sup>3</sup>, el valor determinado indica que la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz es una madera pesada.
- La contracción tangencial determinada fue de 9.82% (BCb) y 9.65% (BTa). El promedio general fue 9.73%.
- La contracción radial determinada fue de 5.83% (BCb) y 4.99% (BTa). El promedio general es 5.41%.
- La contracción longitudinal determinada fue de 0.141% (BCb) y 0.135% (BTa). El promedio general fue 0.14%, y se concluye que la contracción longitudinal es mínima.
- La contracción volumétrica determinada fue de 17.08% (BCb) y 13.48% (BTa). El promedio general es 15.28%, según este resultado clasifica como madera de contracción volumétrica muy alta.
- La relación T/R determinada fue de 1.90 (BCb) y 1.99 (BTa). El promedio general fue de 1.94 y clasifica como madera de condición estable, lo que indica que presenta un buen comportamiento durante el secado.



- El ANOVA realizado en los promedios de la contracción radial, contracción longitudinal y relación T/R, demostraron que no existe diferencia estadística entre promedios de árboles en los niveles de 0.05%, contrariamente el contenido de humedad, densidad, densidad básica, densidad anhidra, contracción tangencial y contracción volumétrica, si presentaron diferencia estadística entre promedios de árboles en los niveles de 0.05%. Comparando promedios por tipo de bosque, el ANOVA demuestra que la densidad, densidad anhidra, contracción tangencial, radial, volumétrica y la relación T/R, no presentan diferencia estadística en los niveles de 0.05%, las propiedades físicas como el contenido de humedad, densidad básica y contracción radial, si presentaron diferencia estadística entre promedios por tipo de bosque.
- La prueba de *Duncan*, revela que existe diferencia estadística entre promedios de las propiedades físicas entre árboles, indicando que las propiedades físicas de la madera, no son contantes dentro de un determinado árbol, entre árboles de una misma especie, en ocasiones, entre las poblaciones de una especie que crecen en una sola localidad, y con frecuencia entre las poblaciones de una especie que crecen en diferentes áreas geográficas.
- La variabilidad encontrada dentro de un determinado árbol y entre árboles, es debido a causas genéticas, factores ecológicos, gestión de masa, situación dentro del árbol, especialmente relacionadas con la variabilidad dentro del incremento de crecimiento, variabilidad producida de la medula a la corteza y variabilidad ocasionada por diferentes niveles de altura.
- La madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz de los dos tipos de bosque según sus propiedades físicas puede ser utilizada en pisos (parquet, machihembrados y escaleras), elementos torneados (balaustrada, pasamanos), embarcaciones, construcciones (viguetas, vigas, columnas y tijerales), carrocerías y recubrimientos de exteriores.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de las propiedades físicas de nuevas especies consideradas como maderas no tradicionales para diversificar el mercado nacional e internacional con productos que se encuentran en nuestra región y que son poco conocidas, ya que en la actualidad la industria maderera solo se limita al aprovechamiento de especies conocidas o también llamadas maderas tradicionales.
- Realizar estudios de las características anatómicas, propiedades organolépticas y mecánicas de esta especie, con la finalidad de optimizar su aprovechamiento industrial.
- Es necesario que las concesiones forestales ubicadas en la región de Madre de Dios, realicen inventarios forestales de esta especie para impulsar su aprovechamiento debido a su potencial industrial.
- Existiendo una alta densidad poblacional de esta especie se recomienda su aprovechamiento e industrialización; porque, en el presente estudio se comprueba que *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz tiene una diversidad de usos como: pisos (parquet, machihembrados y escaleras), elementos torneados (balaustrada, pasamanos), embarcaciones, construcciones (viguetas, vigas, columnas y tijerales), carrocerías y recubrimientos de exteriores.
- Para realizar estudios relacionados a las propiedades físicas de la madera se recomienda la metodología planteada en este estudio tomando siempre como base las recomendaciones propuestas por las Normas Técnicas Peruanas - Madera, pues esta norma es recomendable.

## BIBLIOGRAFIA

- Aróstegui V, A; Gonzales F, VR; Sato A, A. Propiedades tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque nacional Alexander Von Humboldt. Revista Forestal del Perú 10 (1-2):3-82. Perú 1980-1981.
- Arroyo, J. Propiedades físico- mecánico de la madera, texto para estudiantes de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela, Universidad de los Andes – Facultad de Ciencias Forestales, 1983. 197 p.
- CIRAD, 2009. Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo. TROPIX 6.0 – copyright: CIRAD. [Fecha de consulta 05 de marzo de 2011]. Disponible en <<http://www.tropix.cirad.fr/america/SALI.pdf>>.
- Crespo G., Rommel S.; Jiménez R., Edwin M.; Suatunce C., Pedro; Law B., Guillermo y Sánchez F., Carlos. Análisis Comparativo de las Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera de *Tectona grandis* L.F. (Teca) de Quevedo y Balzar. Publicado como ARTÍCULO en Ciencia y Tecnología 1:79-85.2008. [Fecha de consulta 14 de Febrero de 2011]. Disponible en <[http://www.uteq.edu.ec/revista\\_cyt/archivos/2008/v1\\_02/articulo\\_1.pdf](http://www.uteq.edu.ec/revista_cyt/archivos/2008/v1_02/articulo_1.pdf)>.
- Crespo G., Rommel S.; Jiménez R., Edwin M.; Suatunce C., Pedro; Law B., Guillermo y Sánchez F., Carlos. Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera de Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana* Fish. Mey.) de Quevedo y Balzar. Publicado como ARTÍCULO en Ciencia y Tecnología 1:79-85.2008. [Fecha de consulta 14 de Febrero de 2011]. Disponible en <<http://www.uteq.edu.ec/facultades/ambientales/investigaciones/13.pdf>>.
- Díaz Méndez, Paola Patricia. Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes. Tesis (Ingeniero en Industrias de la Madera). Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ingeniería en Industrias de la Madera. Talca, Chile, 2005. [Fecha de consulta 08 de Febrero de 2011]. Disponible en <[http://dspace.otalca.cl/retrieve/6282/diaz\\_mendez.pdf](http://dspace.otalca.cl/retrieve/6282/diaz_mendez.pdf)>.
- DOMUS. Consultoría Ambiental SAC. EIA – Prospección sísmica 2D en el lote 76. Vol. II Cap. 1.0, Sub Cap. 1.5. Suelos y Capacidad de Uso. [Fecha de consulta 10 de Marzo de 2011]. Disponible en

<<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaac/publicaciones/resumen/hunt/Su bCap1.5SuelosyCapdeUso.pdf>>.

- Escobar C. Oscar; Rodríguez, Jorge Ricardo; Correa, Javier Ángel. Conceptos básicos sobre la resistencia de las maderas. Sena Regional Antioquia - Choco, Centro Colombo Canadiense de la madera. 2005. [Fecha de consulta 16 de Diciembre de 2010]. Disponible en <[http://elsemillero.net/pdf/madera\\_tres.pdf](http://elsemillero.net/pdf/madera_tres.pdf)>
- Goche Télles J.R.; Fuentes Salinas, M.; Borja de la Rosa, A.; Ramírez Maldonado, H. Variación de las propiedades físicas de la madera en un árbol de *Abies religiosa* y de *Pinus ayacahuite* var. *Veitchii*. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 6(1): 83-92, 2000.
- Gutiérrez, VH; Silva, J. Información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderables de Bolivia. La Paz - Bolivia, FAO – PAFBOL. (Proyecto de Apoyo a la Coordinación e Implementación del Plan de Acción Forestal para Bolivia). Bolivia, 1999. Serie Técnica N° 12:372 p.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). Mapificación y Evaluación Forestal del Bosque de Producción Permanente del Departamento de Madre de Dios. Documento de Trabajo. Lima, Perú, 2003. 59 p.
- León, W. y Espinoza, N. Anatomía de la madera. Universidad de Los Andes. Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico - Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela 2001.
- Martínez Á, Fernando y Lázaro S., M. Teresa. Variabilidad de las propiedades físico-mecánicas de la madera de cuatro regiones de procedencia de *Pinus pinaster* Aiton. Montes: revista de ámbito forestal, ISSN 0027-0105, N°. 90, 3er Trimestre 2007 – N° 90. 16-23 p.
- Monteoliva, S.; Senisterra, G.; Marquina, J.; Marlats, R. & Villegas, S. Estudio de la variación de la densidad básica de la madera de ocho clones de sauce (*Salix* spp.). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina. [Fecha de consulta 18 de Marzo de 2011]. Disponible en <[http://www.agro.unlp.edu.ar/revista/PDF/105\\_77\\_82.pdf](http://www.agro.unlp.edu.ar/revista/PDF/105_77_82.pdf)>.
- Mostacedo, Bonifacio; Justiniano, Joaquín; Toledo, Marisol; Fredericksen, Todd. Guía Dendrológica de Especies Forestales de Bolivia (2da. Edición - versión revisada, corregida y mejorada). Proyecto de Manejo Forestal Sostenible

- (BOLFOR). Impreso en Editora El País, Santa Cruz – Bolivia. Santa Cruz, Bolivia, 2003. 247 p.
- NTP 251.008. Madera. Selección y colección de muestras. Lima, Perú, 2004. 11 p.
  - NTP 251.009. Madera. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos. Lima, Perú, 2004. 2 p.
  - NTP 251.010. Madera. Método para determinar el contenido de humedad. Lima, Perú, 2004 13 p.
  - NTP 251.011. Madera. Método de determinación de la contracción. Lima, Perú, 2004. 9 p.
  - NTP 251.012. Madera. Método para determinar la densidad. Lima, Perú, 2004. 9 p.
  - Rivero Moreno, Jaime G. Propiedades físico-mecánicas de *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* Linn. F. proveniente de plantaciones experimentales del Valle del Sacta – Cochabamba. Cochabamba, Bolivia, 2004. 73 p.
  - Rosales Solórzano, Emer. Cálculos de Física y Mecánica de la Madera. UNAMAD. Puerto Maldonado, Madre de Dios, 2009. 49 p.
  - Santos Godoy, José Arturo. Anatomía y variación de propiedades físicas seleccionadas en la madera joven de pino Caribe (*Pinus caribaea* var. Hondurensis) producida en el municipio de El Estor departamento de Izabal. Tesis. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 2004. 71 p.
  - Serrano, R; Canessa, R; Córdoba, R; Sáenz, M. Evaluación de características y propiedades tecnológicas para la madera de teca (*Tectona grandis*) de plantación. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, Centro en Investigación Bosque Industria. Proyecto: Melina y Teca. Informe Técnico N°.4, 2002, 193 p.
  - Valero, Útiles W; Reyes C, Elio C; León H, William J; Garay J, Darío A. Relación entre anatomía y propiedades físico-mecánicas de la especie *Tectona grandis* proveniente de los llanos occidentales de Venezuela. Mérida, Venezuela, Universidad de Los Andes, Laboratorio Nacional de Productos Forestales 2003. [Fecha de consulta 27 de Noviembre 2010]. Disponible en <<http://www.una.ac.cr/inis/docs/teca/temas/StylesValero1.pdf>>.

- Vargas, J. Anatomía y Tecnología de la Madera. Manual del Técnico Forestal. Escuela Técnica Superior Forestal (ETSFOR) – Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Cochabamba, Bolivia. 1987. 118 p.
- Velásquez, Jesús; Toro, María E; Gómez, Luis; Terzo, Frank M, y Márquez, Arlenys. Patrón de variación axial y radial del peso específico en la madera de *Erisma uncinatum* Warm. Guyana, Venezuela, Interciencia 2009. Vol. 34 N°12. [Fecha de consulta 18 de Marzo de 2011]. <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33913151006.pdf>>.
- Vignote, S; Jiménez, F. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Madrid (España). V.A Impresores. 1996. 598 p.

## **ANEXOS**

**Propiedades físicas de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swartz**

Contenido de humedad	84,62%
Densidad	1,20 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad básica	0,65 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad anhidra	0,77 gr/cm <sup>3</sup>
Contracción tangencial	9,73%
Contracción radial	5,41%
Contracción longitudinal	0,14%
Contracción Volumétrica	15,28%
Relación T/R	1,94



## EVOLUCION DEL SECADO DE LAS PROBETAS

### Evolución del secado de probetas: árbol 21, sub-zona I

Código de probeta	Peso de probetas (gr.)																
	1 (Ph)	2 30°C	3 40°C	4 50°C	5 55°C	6 60°C	7 65°C	8 70°C	9 75°C	10 80°C	11 85°C	12 90°C	13 95°C	14 100°C	15 103°C	16 103°C	17 103°C
SZI A21 V2P1	113,4	109,2	99,0	87,7	80,7	75,5	71,4	67,5	64,8	63,4	62,6	62,1	61,8	61,4	61,3	61,2	61,2
SZI A21 V2P2	113,8	110,5	99,9	88,9	81,5	76,3	71,8	68,0	65,3	63,9	63,0	62,5	62,1	61,8	61,7	61,5	61,5
SZI A21 V2P3	114,1	110,9	103,9	92,4	84,4	78,8	74,1	70,3	67,5	66,1	65,3	64,7	64,3	64,0	63,9	63,8	63,8
SZI A21 V2P4	114,0	110,0	103,2	92,1	83,6	77,6	72,4	68,3	65,4	63,8	63,0	62,4	62,1	61,9	61,7	61,7	61,7
SZI A21 V2P5	113,5	110,7	102,0	91,3	83,0	77,1	72,2	68,3	65,1	63,6	62,8	62,3	61,9	61,7	61,5	61,5	61,5
SZI A21 V2P6	113,6	110,6	101,6	89,5	81,5	75,9	71,3	67,4	64,6	63,0	62,2	61,7	61,3	61,0	60,8	60,8	60,8
SZI A21 V2P7	113,6	109,8	103,6	91,3	83,1	77,1	72,1	68,1	65,1	63,5	62,7	62,2	61,8	61,5	61,4	61,4	61,4
SZI A21 V2P8	113,8	110,9	103,7	92,3	83,9	77,8	72,7	68,4	65,3	63,7	62,8	62,2	61,9	61,7	61,5	61,5	61,5
SZI A21 V2P9	112,5	109,4	99,0	87,2	79,5	74,2	69,8	66,2	63,5	62,0	61,2	60,7	60,4	60,1	60,0	60,0	60,0
SZI A21 V2P10	113,7	109,0	99,2	88,1	80,6	75,3	70,9	67,4	64,7	63,2	62,4	61,9	61,5	61,2	61,1	60,9	60,9
SZI A21 V3P11	111,8	107,4	95,5	84,2	77,0	71,6	67,3	63,6	61,0	59,5	58,8	58,3	57,9	57,7	57,5	57,5	57,5
SZI A21 V3P12	111,8	107,7	99,3	87,0	79,3	73,9	69,3	65,8	63,1	61,5	60,6	60,1	59,7	59,4	59,3	59,1	59,1
SZI A21 V3P13	111,8	109,6	101,4	88,1	79,6	73,9	69,2	65,5	62,9	61,3	60,4	59,9	59,6	59,4	59,1	59,1	59,1
SZI A21 V3P14	112,9	110,6	101,3	89,0	80,3	74,3	69,2	65,3	62,4	60,8	59,9	59,3	58,9	58,7	58,5	58,5	58,5
SZI A21 V3P15	113,3	110,4	103,1	89,4	80,9	75,2	70,5	66,8	63,8	62,1	61,2	60,6	60,2	59,9	59,8	59,6	59,6
SZI A21 V3P16	112,7	110,4	103,1	90,3	81,4	75,2	70,1	66,1	63,0	61,3	60,4	59,8	59,5	59,2	59,0	59,0	59,0
SZI A21 V3P17	111,3	109,6	99,1	87,0	79,2	73,7	68,9	65,2	62,3	60,6	59,8	59,2	58,8	58,5	58,4	58,2	58,2
SZI A21 V3P18	113,2	111,1	100,5	87,8	79,8	74,3	69,6	65,9	63,1	61,5	60,6	60,2	59,7	59,4	59,3	59,3	59,3
SZI A21 V3P19	113,2	110,0	101,0	89,2	81,2	75,8	71,3	67,8	65,1	63,5	62,6	62,1	61,6	61,4	61,2	61,0	61,0
SZI A21 V3P20	112,9	109,6	100,0	88,7	80,2	74,4	69,9	66,1	63,4	61,8	60,9	60,4	60,0	59,8	59,6	59,5	59,5

**Evolución del secado de probetas: árbol 14. sub-zona II**

Código de probeta	Peso de probetas (gr.)																
	1 (Ph)	2 30°C	3 40°C	4 50°C	5 55°C	6 60°C	7 65°C	8 70°C	9 75°C	10 80°C	11 85°C	12 90°C	13 95°C	14 100°C	15 103°C	16 103°C	17 103°C
SZII A14 V3 P1	109,6	106,9	98,1	87,4	79,0	72,6	67,3	62,9	59,7	58,0	57,1	56,6	56,2	56,0	55,8	55,8	55,8
SZII A14 V3 P2	109,8	107,2	98,2	87,3	78,8	72,3	67,2	62,8	59,7	58,0	67,2	56,7	56,3	56,1	55,9	55,8	55,8
SZII A14 V3 P3	111,1	109,7	102,7	91,5	82,4	75,8	70,0	65,5	62,4	60,6	59,8	59,2	58,8	58,6	58,5	58,4	58,4
SZII A14 V3 P4	111,6	110,2	103,9	93,6	84,5	77,5	70,8	65,9	62,8	61,1	60,2	59,6	59,3	59,0	58,8	58,8	58,8
SZII A14 V3 P5	109,5	107,8	101,2	90,8	81,8	75,0	68,6	63,9	60,6	58,6	57,6	57,0	56,7	56,4	56,3	56,3	56,3
SZII A14 V3 P6	109,6	107,6	99,9	89,0	80,7	73,8	67,7	63,4	60,1	58,3	57,3	56,8	56,4	56,2	56,1	55,9	55,9
SZII A14 V3 P7	109,4	108,2	102,4	90,4	80,7	74,3	67,8	63,3	60,1	58,3	57,3	56,8	56,4	56,2	56,0	55,9	55,9
SZII A14 V3 P8	111,6	109,7	103,4	91,4	82,4	76,0	70,0	65,4	62,0	60,2	59,2	58,7	58,3	58,1	57,9	57,9	57,9
SZII A14 V3 P9	111,6	109,4	99,2	88,2	80,2	74,2	68,8	64,7	61,9	60,1	59,3	58,7	58,4	58,1	58,0	57,9	57,9
SZII A14 V3 P10	111,5	108,1	99,2	88,5	80,7	74,7	69,6	65,3	62,2	60,3	59,4	58,9	58,5	58,2	58,1	58,0	58,0
SZII A14 V5 P11	111,7	107,7	98,2	87,8	79,6	73,8	69,3	65,9	63,9	62,9	62,3	61,9	61,7	61,5	61,5	61,5	61,5
SZII A14 V5 P12	110,7	106,2	99,2	89,4	81,0	75,1	70,4	66,8	64,1	62,8	62,0	61,6	61,3	61,1	61,0	61,0	61,0
SZII A14 V5 P13	110,9	108,8	102,4	91,2	82,9	76,7	71,5	67,3	64,1	62,7	61,9	61,5	61,2	61,0	60,9	60,9	60,9
SZII A14 V5 P14	111,1	108,6	101,3	90,0	81,6	75,5	70,7	66,6	63,8	62,6	61,9	61,5	61,1	61,0	60,9	60,9	60,9
SZII A14 V5 P15	111,2	109,4	102,7	92,4	83,3	77,6	72,6	68,1	65,1	63,6	62,8	62,3	62,0	61,8	61,7	61,7	61,7
SZII A14 V5 P16	112,9	110,0	102,5	92,2	83,2	77,0	72,1	68,1	65,5	64,3	63,6	63,2	62,9	62,7	62,6	62,6	62,6
SZII A14 V5 P17	111,8	108,1	100,7	90,6	81,7	75,4	70,4	66,9	64,2	63,0	62,4	62,0	61,7	61,6	61,5	61,5	61,5
SZII A14 V5 P18	112,0	109,4	101,7	91,2	83,0	76,9	71,3	67,6	64,7	63,4	62,7	62,2	62,0	61,8	61,7	61,7	61,7
SZII A14 V5 P19	111,7	109,3	101,8	91,0	82,4	76,2	71,1	67,1	64,2	62,8	62,2	61,7	61,5	61,3	61,2	61,2	61,2
SZII A14 V5 P20	112,2	108,9	101,2	89,7	81,5	75,5	70,5	67,0	64,6	63,4	62,7	62,3	62,1	61,9	61,8	61,8	61,8

**Evolución del secado de probetas: árbol 13, sub-zona III**

Código de probeta	Peso de probetas (gr.)																
	1	2 30°C	3 40°C	4 50°C	5 55°C	6 60°C	7 65°C	8 70°C	9 75°C	10 80°C	11 85°C	12 90°C	13 95°C	14 100°C	15 103°C	16 103°C	17 103°C
SZIII A13 V2 P1	111,4	107,7	98,6	89,1	82,1	76,8	72,0	67,9	65,2	63,6	62,7	62,2	61,9	61,7	61,6	61,6	61,6
SZIII A13 V2 P2	113,3	109,5	100,3	90,6	83,5	78,1	73,2	69,1	66,4	64,8	64,0	63,6	63,2	62,9	62,8	62,8	62,8
SZIII A13 V2 P3	111,5	109,5	103,0	92,8	84,9	79,0	73,6	69,3	66,5	64,8	63,9	63,4	63,0	62,8	62,7	62,7	62,7
SZIII A13 V2 P4	112,5	110,5	103,6	93,3	85,3	79,4	73,7	69,3	66,1	64,4	63,5	63,0	62,7	62,4	62,3	62,2	62,2
SZIII A13 V2 P5	111,7	109,4	101,5	91,5	83,9	78,0	72,6	68,2	65,0	63,3	62,5	62,0	61,7	61,5	61,4	61,3	61,3
SZIII A13 V2 P6	112,4	110,2	102,9	92,5	85,3	79,8	74,6	70,5	67,4	65,7	64,8	64,3	63,9	63,6	63,6	63,6	63,6
SZIII A13 V2 P7	111,6	109,9	103,2	92,6	84,8	79,0	73,5	69,2	66,1	64,4	63,6	63,0	62,7	62,4	62,3	62,3	60,6
SZIII A13 V2 P8	113,3	110,8	103,3	93,0	85,4	79,6	74,5	70,3	67,2	65,5	64,6	64,1	63,7	63,5	63,4	63,4	63,4
SZIII A13 V2 P9	111,3	106,8	97,4	87,9	80,9	75,7	71,5	67,7	65,2	63,8	63,1	62,6	62,3	62,1	61,9	61,8	61,8
SZIII A13 V2 P10	112,3	108,0	98,6	89,2	81,7	76,0	71,3	67,0	64,0	62,6	61,8	61,3	61,0	60,8	60,7	60,7	60,7
SZIII A13 V6 P11	112,8	108,4	98,4	89,2	81,9	76,6	72,4	68,3	65,5	63,8	63,0	62,4	62,1	61,8	61,7	61,7	61,7
SZIII A13 V6 P12	113,1	109,6	100,6	90,4	82,5	77,0	72,2	68,1	65,1	63,5	62,7	62,2	61,9	61,7	61,6	61,6	61,6
SZIII A13 V6 P13	113,5	111,0	102,9	92,7	84,5	78,7	73,2	68,9	65,7	64,1	63,3	62,8	62,4	62,2	62,2	62,2	62,2
SZIII A13 V6 P14	112,9	109,8	101,7	91,6	83,6	77,8	72,8	68,4	65,5	63,9	63,1	62,6	62,3	62,1	62,0	62,0	62,0
SZIII A13 V6 P15	113,4	110,4	102,0	91,8	83,9	78,1	73,1	68,8	65,8	64,1	63,3	62,7	62,3	62,1	62,1	62,0	62,0
SZIII A13 V6 P16	113,8	111,1	103,1	93,4	85,5	79,7	74,7	70,2	66,8	65,5	64,6	64,1	63,8	63,5	63,3	63,3	63,3
SZIII A13 V6 P17	113,3	110,0	101,4	91,8	83,7	77,8	72,8	68,6	65,5	63,9	63,1	62,6	62,3	62,0	62,0	62,0	62,0
SZIII A13 V6 P18	112,9	109,4	100,2	90,3	82,0	77,4	72,7	68,6	65,6	64,0	63,1	62,5	62,2	61,9	61,8	61,8	61,8
SZIII A13 V6 P19	112,8	109,8	100,6	90,6	83,0	77,6	72,9	69,0	66,0	64,3	63,5	62,9	62,6	62,3	62,3	62,3	62,3
SZIII A13 V6 P20	112,6	109,1	100,1	89,9	82,4	76,9	72,2	68,4	65,6	64,1	63,3	62,9	62,5	62,3	62,2	62,2	62,2

**Evolución del secado de probetas: árbol 15, sub-zona III**

Código de probeta	Peso de probetas (gr.)																
	1 (Ph)	2 30°C	3 40°C	4 50°C	5 55°C	6 60°C	7 65°C	8 70°C	9 75°C	10 80°C	11 85°C	12 90°C	13 95°C	14 100°C	15 103°C	16 103°C	17 103°C
SZIII A15 V3 P1	112,3	108,8	98,9	89,3	82,8	77,8	73,3	69,4	66,8	65,3	64,4	63,9	63,5	63,3	63,1	63,0	63,0
SZIII A15 V3 P2	113,2	109,7	100,5	91,2	84,4	79,3	74,9	71,0	68,2	66,6	65,8	65,2	64,8	64,5	64,3	64,3	64,3
SZIII A15 V3 P3	112,8	110,3	103,8	93,6	85,9	80,2	75,4	71,1	68,3	66,5	65,6	65,0	64,6	64,3	64,1	64,1	64,1
SZIII A15 V3 P4	112,4	110,4	103,3	93,0	85,6	80,2	75,0	70,8	67,9	66,2	65,2	64,6	64,3	63,9	63,8	63,7	63,7
SZIII A15 V3 P5	112,4	110,8	102,3	92,4	85,3	79,9	75,0	70,6	67,8	66,1	65,3	64,7	64,3	64,1	63,9	63,8	63,8
SZIII A15 V3 P6	113,5	111,4	103,2	92,7	85,9	80,8	76,0	72,0	69,1	67,3	66,3	65,6	65,2	64,9	64,7	64,7	64,7
SZIII A15 V3 P7	114,1	112,4	105,1	95,7	88,5	83,1	77,7	73,5	70,6	68,8	67,8	67,2	66,8	66,5	66,2	66,1	61,1
SZIII A15 V3 P8	113,7	111,0	103,2	94,1	86,6	81,1	76,1	72,1	69,3	67,7	66,8	66,2	65,8	65,5	65,3	65,3	65,3
SZIII A15 V3 P9	113,7	109,6	100,3	91,2	84,3	79,1	74,6	70,8	68,1	66,5	65,6	65,1	64,7	64,4	64,2	64,0	64,0
SZIII A15 V3 P10	113,3	109,5	100,4	91,4	84,5	79,3	75,0	70,8	67,8	66,2	65,3	64,7	64,4	64,1	63,9	63,9	63,9
SZIII A15 V9 P11	111,3	107,3	97,3	88,1	81,0	75,9	71,7	67,5	64,5	62,7	61,8	61,2	60,9	60,6	60,4	60,4	60,4
SZIII A15 V9 P12	112,3	108,9	99,9	89,8	82,2	76,9	72,0	67,9	64,9	63,2	62,4	61,8	61,4	61,2	61,0	61,0	61,0
SZIII A15 V9 P13	112,5	110,0	101,2	91,4	83,3	77,5	71,9	67,4	64,1	62,3	61,5	60,9	60,6	60,3	60,3	60,3	60,3
SZIII A15 V9 P14	111,7	108,8	100,2	89,7	81,3	75,7	70,9	66,5	63,5	61,8	60,9	60,4	60,1	59,8	59,6	59,6	59,6
SZIII A15 V9 P15	113,2	110,2	101,6	91,0	83,4	77,9	73,2	69,2	66,2	64,5	63,6	63,0	62,6	62,3	62,2	62,0	62,0
SZIII A15 V9 P16	112,3	109,4	101,3	91,5	83,8	78,2	73,2	69,0	65,7	63,9	63,0	62,5	62,1	61,8	61,6	61,6	61,6
SZIII A15 V9 P17	112,1	108,7	99,7	89,9	82,1	76,6	71,7	67,3	64,2	62,6	61,7	61,2	60,9	60,6	60,6	60,6	60,6
SZIII A15 V9 P18	112,1	108,3	99,0	88,8	81,6	76,3	71,7	67,6	64,6	63,0	62,1	61,6	61,3	61,0	60,9	60,8	60,8
SZIII A15 V9 P19	111,5	108,5	99,5	89,7	82,2	76,9	72,0	68,0	64,8	62,9	62,0	61,4	61,0	60,7	60,5	60,5	60,5
SZIII A15 V9 P20	112,3	108,7	99,4	89,4	82,3	77,1	72,7	68,8	66,0	64,5	63,6	63,0	62,7	62,4	62,2	62,2	62,2

**Evolución del secado de probetas: árbol 22, sub-zona IV**

Código de probeta	Peso de probetas (gr.)																
	1 (Ph)	2 30°C	3 40°C	4 50°C	5 55°C	6 60°C	7 65°C	8 70°C	9 75°C	10 80°C	11 85°C	12 90°C	13 95°C	14 100°C	15 103°C	16 103°C	17 103°C
SZIV A22 V3 P1	111,0	107,3	99,2	90,4	83,5	78,2	73,3	69,4	66,6	65,0	64,2	63,6	63,3	63,1	63,1	63,1	63,1
SZIV A22 V3 P2	114,0	110,1	101,7	92,6	85,3	79,7	74,2	70,3	67,6	66,1	65,3	64,9	64,5	64,3	64,3	64,3	64,3
SZIV A22 V3 P3	110,4	108,4	102,1	93,0	85,0	79,2	74,0	69,9	67,4	66,0	65,2	64,6	64,3	64,1	64,1	64,1	64,1
SZIV A22 V3 P4	114,1	112,2	105,9	96,4	87,9	81,6	75,6	70,8	67,4	65,8	64,9	64,4	64,1	63,9	63,8	63,8	63,8
SZIV A22 V3 P5	111,8	109,5	103,3	93,9	86,3	80,3	74,5	69,9	66,4	64,6	63,7	63,2	62,9	62,7	62,6	62,6	62,6
SZIV A22 V3 P6	110,2	108,2	102,8	92,9	86,0	80,5	74,8	70,9	67,6	66,0	65,1	64,6	64,2	64,0	64,0	64,0	64,0
SZIV A22 V3 P7	109,0	107,6	102,8	91,5	84,0	78,3	72,9	69,0	65,9	64,4	63,7	63,1	62,9	62,7	62,6	62,6	62,6
SZIV A22 V3 P8	112,8	110,5	104,5	94,1	86,3	80,1	74,7	70,3	66,7	64,9	64,1	63,5	63,2	63,0	63,0	63,0	63,0
SZIV A22 V3 P9	107,8	103,0	94,1	85,0	78,1	73,2	69,5	65,7	63,5	62,4	61,7	61,3	61,0	60,8	60,7	60,7	60,7
SZIV A22 V3 P10	112,7	107,7	98,9	89,8	82,4	76,6	71,8	67,4	64,5	63,2	62,5	62,0	61,7	61,5	61,5	61,5	61,5
SZIV A22 V8 P11	113,0	107,8	97,3	87,6	80,1	74,8	70,8	67,1	64,2	62,7	61,9	61,4	61,0	60,8	60,6	60,6	60,6
SZIV A22 V8 P12	113,1	109,3	99,7	89,0	80,5	74,6	70,1	65,9	62,9	61,5	60,8	60,4	60,2	60,0	60,0	60,0	60,0
SZIV A22 V8 P13	114,3	112,0	103,9	92,6	84,4	78,5	73,3	68,9	65,7	64,2	63,4	63,0	62,6	62,4	62,4	62,4	62,4
SZIV A22 V8 P14	112,9	109,5	101,7	91,5	83,2	77,2	72,2	67,7	64,9	63,6	62,9	62,4	62,2	62,0	62,0	62,0	62,0
SZIV A22 V8 P15	113,0	109,4	100,1	89,6	81,3	75,5	70,4	66,2	63,3	61,8	61,1	60,6	60,3	60,1	60,1	60,1	60,1
SZIV A22 V8 P16	114,5	111,8	103,1	93,0	84,8	79,1	74,8	70,4	67,3	65,5	64,5	64,0	63,6	63,3	63,1	63,1	63,1
SZIV A22 V8 P17	113,8	110,5	102,2	92,2	83,8	77,9	72,8	68,6	65,5	63,8	62,9	62,4	62,1	61,8	61,7	61,7	61,7
SZIV A22 V8 P18	112,7	109,5	100,4	90,4	82,9	77,5	72,8	68,5	65,4	63,6	62,6	62,0	61,6	61,3	61,2	61,2	61,2
SZIV A22 V8 P19	112,3	109,3	99,3	88,2	80,0	74,4	69,8	66,0	63,3	62,0	61,3	60,9	60,6	60,4	60,4	60,4	60,4
SZIV A22 V8 P20	111,4	107,8	98,2	87,5	79,4	73,7	68,8	65,0	62,6	61,3	60,7	60,4	60,1	60,0	60,0	60,0	60,0

**Evolución del secado de probetas: árbol 56, sub-zona IV**

Código de probeta	Peso de probetas (gr.)																
	1 (Ph)	2 30°C	3 40°C	4 50°C	5 55°C	6 60°C	7 65°C	8 70°C	9 75°C	10 80°C	11 85°C	12 90°C	13 95°C	14 100°C	15 103°C	16 103°C	17 103°C
SZIV A56 V2 P1	111,0	106,9	97,8	87,6	80,1	74,3	69,5	65,0	62,1	60,4	59,6	59,2	58,9	58,7	58,6	58,6	58,6
SZIV A56 V2 P2	112,6	108,7	98,8	88,0	80,8	75,3	70,4	66,1	63,3	61,8	61,0	60,6	60,2	60,0	59,9	59,9	59,9
SZIV A56 V2 P3	111,4	109,7	103,2	91,7	83,7	77,5	71,4	67,0	63,8	61,9	61,0	60,5	60,2	60,0	59,8	59,8	59,8
SZIV A56 V2 P4	111,0	109,0	101,7	90,5	82,5	76,5	70,6	66,4	63,0	61,3	60,4	59,9	59,6	59,3	59,2	59,2	59,2
SZIV A56 V2 P5	110,8	108,0	98,9	88,2	80,1	73,9	68,4	64,1	60,9	59,3	58,6	58,2	57,8	57,6	57,6	57,6	57,6
SZIV A56 V2 P6	113,6	111,1	102,7	92,0	84,0	78,0	73,0	68,6	65,5	63,9	63,1	62,6	62,3	62,0	62,0	62,0	62,0
SZIV A56 V2 P7	111,7	109,8	101,8	90,5	82,0	75,6	69,8	65,0	61,7	60,0	59,2	58,7	58,3	58,1	58,1	58,1	58,1
SZIV A56 V2 P8	113,3	111,0	102,2	90,8	83,3	77,6	72,8	68,4	65,5	63,9	63,0	62,5	62,2	61,9	61,9	61,9	61,9
SZIV A56 V2 P9	112,4	107,8	97,7	87,4	80,2	74,9	70,3	66,5	64,0	62,6	62,0	61,5	61,2	61,0	60,8	60,8	60,8
SZIV A56 V2 P10	111,0	106,8	96,5	86,3	78,3	72,2	67,1	62,7	59,6	58,3	57,5	57,1	56,8	56,7	56,6	56,6	56,6
SZIV A56 V7 P11	114,2	110,1	100,6	91,8	84,5	79,0	74,6	70,3	67,7	66,1	65,2	64,7	64,4	64,1	64,0	64,0	64,0
SZIV A56 V7 P12	114,0	110,7	102,1	92,4	84,9	79,4	74,4	70,4	67,4	65,8	65,0	64,5	64,1	63,9	63,8	63,8	63,8
SZIV A56 V7 P13	113,7	110,9	103,5	94,0	85,7	80,1	74,5	70,3	67,2	65,7	64,9	64,4	64,1	63,9	63,8	63,8	63,8
SZIV A56 V7 P14	114,2	111,1	103,2	93,7	86,3	80,4	75,4	71,1	68,1	66,4	65,5	65,1	64,6	64,4	64,4	64,4	64,4
SZIV A56 V7 P15	114,1	111,6	104,4	94,7	86,9	81,0	75,6	71,1	67,8	66,0	65,1	64,5	64,1	63,9	63,9	63,9	63,9
SZIV A56 V7 P16	114,6	112,1	105,0	95,8	87,9	81,7	76,1	71,3	67,4	67,1	66,3	65,9	65,6	65,4	65,3	65,3	65,3
SZIV A56 V7 P17	114,0	110,7	102,4	93,2	85,1	79,0	74,0	69,8	66,8	65,3	64,6	64,2	63,8	63,6	63,6	63,6	63,6
SZIV A56 V7 P18	113,8	110,3	101,2	91,7	81,4	78,5	73,6	69,7	66,8	65,3	64,5	64,0	63,7	63,5	63,4	63,4	63,4
SZIV A56 V7 P19	114,6	111,5	103,1	93,9	86,9	81,4	76,9	72,9	70,0	68,1	67,1	66,5	66,1	65,9	65,9	65,9	65,9
SZIV A56 V7 P20	114,0	110,9	102,6	92,8	85,5	80,0	75,1	71,3	68,2	66,6	65,7	65,2	64,8	64,6	64,5	64,5	64,5

## MEDICION DE LAS CONTRACCIONES DE LA MADERA

### Medición de las contracciones de la madera: árbol 21, sub-zona I

Código de probeta	Medición en estado húmedo				Medición en estado anhidro			
	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)
SZI A21 V2P1	31,494	30,616	100,80	94,0	27,322	29,584	100,77	76,6
SZI A21 V2P2	31,367	30,714	100,94	94,4	27,271	28,031	100,77	75,9
SZI A21 V2P3	30,612	30,718	100,88	94,0	27,673	28,924	100,79	76,9
SZI A21 V2P4	30,716	30,758	100,73	94,1	27,685	28,997	100,62	76,9
SZI A21 V2P5	30,716	30,628	100,87	94,2	27,682	28,698	100,81	77,1
SZI A21 V2P6	30,644	30,728	100,91	94,1	27,923	28,986	100,75	77,3
SZI A21 V2P7	30,660	30,746	101,20	94,1	27,401	28,987	101,03	77,5
SZI A21 V2P8	30,798	30,621	100,72	94,1	27,333	28,894	100,66	76,9
SZI A21 V2P9	30,669	30,736	100,28	93,6	27,067	29,487	100,12	77,3
SZI A21 V2P10	30,721	30,742	100,94	94,5	27,354	28,494	100,87	75,1
SZI A21 V3P11	30,615	30,611	101,03	93,7	27,923	29,981	100,94	72,9
SZI A21 V3P12	30,558	30,617	101,02	93,7	27,922	28,595	100,98	72,6
SZI A21 V3P13	30,551	30,697	101,00	93,5	27,696	29,361	100,90	72,4
SZI A21 V3P14	31,302	30,684	100,92	94,6	27,847	28,933	100,91	72,7
SZI A21 V3P15	30,764	30,701	100,91	94,4	27,257	28,952	100,06	73,1
SZI A21 V3P16	30,714	30,657	101,28	94,4	27,976	28,254	101,11	72,7
SZI A21 V3P17	30,947	30,613	100,86	93,3	27,922	28,967	100,84	73,1
SZI A21 V3P18	30,793	30,682	100,92	94,5	27,533	28,568	100,87	73,0
SZI A21 V3P19	30,743	30,671	100,87	94,1	27,315	29,485	100,85	73,4
SZI A21 V3P20	30,663	30,713	101,09	94,3	27,919	27,819	100,84	72,4

**Medición de las contracciones de la madera: árbol 14, sub-zona II**

Código de probeta	Medición en estado húmedo				Medición en estado anhidro			
	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)
SZII A14 V3 P1	30,934	30,961	100,98	92,8	28,973	28,286	100,84	81,7
SZII A14 V3 P2	30,964	30,982	101,03	92,8	28,741	28,741	100,91	81,8
SZII A14 V3 P3	30,983	30,533	100,68	93,1	27,876	28,251	100,61	81,5
SZII A14 V3 P4	30,904	30,610	101,13	93,5	28,555	28,971	100,95	82,0
SZII A14 V3 P5	30,590	30,905	100,89	92,6	28,618	28,298	100,74	81,5
SZII A14 V3 P6	30,948	30,521	100,92	92,6	28,298	28,598	100,78	81,6
SZII A14 V3 P7	30,584	30,802	100,91	92,4	28,126	28,504	100,85	81,4
SZII A14 V3 P8	30,633	30,603	100,84	93,5	28,832	28,724	100,67	81,9
SZII A14 V3 P9	30,632	30,534	100,98	93,5	28,893	28,598	100,85	81,9
SZII A14 V3 P10	30,614	30,551	100,84	93,4	28,247	28,538	100,69	81,7
SZII A14 V5 P11	30,841	30,597	100,90	92,6	27,278	29,375	100,72	75,3
SZII A14 V5 P12	30,885	30,941	101,05	92,6	27,295	28,706	100,91	79,1
SZII A14 V5 P13	30,885	30,511	100,90	92,8	27,328	28,823	100,79	79,1
SZII A14 V5 P14	30,936	30,558	100,86	92,7	27,251	29,368	100,93	79,2
SZII A14 V5 P15	30,855	30,533	100,93	92,7	27,017	29,398	100,72	79,0
SZII A14 V5 P16	30,941	30,537	100,94	93,0	27,435	29,401	100,73	78,6
SZII A14 V5 P17	30,816	30,507	101,06	92,4	27,864	28,746	100,70	78,8
SZII A14 V5 P18	30,865	30,622	101,00	92,7	27,213	29,364	100,87	79,0
SZII A14 V5 P19	30,903	30,566	101,04	92,9	27,857	29,439	100,85	79,7
SZII A14 V5 P20	30,546	30,559	100,95	93,1	27,513	28,853	100,71	79,3



**Medición de las contracciones de la madera: árbol 13, sub-zona III**

Código de probeta	Medición en estado húmedo				Medición en estado anhidro			
	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)
SZIII A13 V2 P1	30,975	30,531	100,78	93,2	27,925	29,193	100,63	81,0
SZIII A13 V2 P2	30,807	30,773	100,85	93,1	27,776	29,282	100,70	80,7
SZIII A13 V2 P3	30,559	30,743	100,87	92,5	27,595	29,394	100,71	79,8
SZIII A13 V2 P4	30,704	30,924	100,90	92,7	27,742	29,217	100,77	80,5
SZIII A13 V2 P5	30,795	30,598	100,75	92,8	27,627	29,107	100,60	80,6
SZIII A13 V2 P6	30,872	30,583	100,89	93,7	27,773	29,197	100,72	81,2
SZIII A13 V2 P7	30,579	30,547	100,80	92,6	27,770	29,171	100,63	80,4
SZIII A13 V2 P8	30,619	30,615	100,78	93,5	27,652	29,187	100,66	80,9
SZIII A13 V2 P9	30,768	30,584	100,88	92,9	27,890	28,906	100,74	81,0
SZIII A13 V2 P10	30,609	30,679	100,90	93,2	27,799	29,251	100,76	81,3
SZIII A13 V6 P11	30,620	30,689	100,99	93,3	27,710	28,948	100,87	80,7
SZIII A13 V6 P12	30,616	30,646	101,05	93,6	27,964	29,319	100,92	81,0
SZIII A13 V6 P13	30,685	30,623	100,85	93,7	27,793	29,160	100,70	80,8
SZIII A13 V6 P14	30,729	30,740	100,82	93,2	27,604	28,892	100,72	80,7
SZIII A13 V6 P15	30,684	30,663	100,87	93,8	27,479	29,166	100,72	80,7
SZIII A13 V6 P16	30,633	30,780	100,94	93,6	27,826	29,139	100,87	80,8
SZIII A13 V6 P17	30,764	30,669	100,95	93,7	27,734	29,087	100,83	80,8
SZIII A13 V6 P18	30,597	30,732	100,86	93,3	27,846	29,089	100,78	80,5
SZIII A13 V6 P19	30,700	30,642	101,01	93,3	27,583	29,313	100,83	80,4
SZIII A13 V6 P20	30,756	30,714	101,03	93,3	27,725	28,858	100,88	80,6

**Medición de las contracciones de la madera: árbol 15, sub-zona III**

Código de probeta	Medición en estado húmedo				Medición en estado anhidro			
	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)
SZIII A15 V3 P1	30,867	30,518	100,72	92,6	27,302	29,121	100,62	80,1
SZIII A15 V3 P2	30,975	30,937	100,95	92,8	27,951	29,103	100,84	80,5
SZIII A15 V3 P3	30,507	30,867	100,75	92,5	27,552	29,424	100,61	80,2
SZIII A15 V3 P4	30,774	30,966	100,90	92,2	27,294	29,495	100,78	79,7
SZIII A15 V3 P5	30,841	30,515	100,58	92,2	27,201	29,077	100,40	79,6
SZIII A15 V3 P6	30,514	30,630	100,96	93,5	27,532	29,201	100,88	81,2
SZIII A15 V3 P7	30,526	30,651	100,90	93,5	27,526	29,128	100,77	80,9
SZIII A15 V3 P8	30,549	30,675	100,93	93,7	27,543	29,185	100,87	81,3
SZIII A15 V3 P9	30,573	30,715	100,95	93,7	27,649	29,241	100,86	81,6
SZIII A15 V3 P10	30,519	30,586	100,91	93,2	27,654	29,156	100,80	80,8
SZIII A15 V9 P11	30,591	30,774	101,06	92,7	27,849	28,772	100,97	79,8
SZIII A15 V9 P12	30,531	30,565	101,06	93,2	27,831	29,412	100,93	80,1
SZIII A15 V9 P13	30,714	30,521	100,88	93,5	27,867	29,018	100,73	80,5
SZIII A15 V9 P14	30,991	30,957	100,79	92,6	27,147	28,767	100,71	79,2
SZIII A15 V9 P15	30,636	30,648	100,84	93,5	26,758	29,412	100,76	79,3
SZIII A15 V9 P16	30,581	30,901	101,02	92,9	27,344	28,703	100,94	79,7
SZIII A15 V9 P17	30,979	30,698	100,94	93,2	27,847	29,018	100,81	79,8
SZIII A15 V9 P18	30,600	30,947	100,91	93,1	27,921	29,346	100,81	80,2
SZIII A15 V9 P19	30,631	30,529	101,09	93,0	27,821	29,434	100,95	80,3
SZIII A15 V9 P20	30,614	30,885	101,08	92,8	27,017	28,636	100,93	79,4

**Medición de las contracciones de la madera: árbol 22, sub-zona IV**

Código de probeta	Medición en estado húmedo				Medición en estado anhidro			
	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)
SZIV A22 V3 P1	30,741	30,529	100,82	93,6	28,026	29,383	100,67	81,1
SZIV A22 V3 P2	30,655	30,514	100,81	93,2	27,595	29,377	100,59	80,1
SZIV A22 V3 P3	30,648	30,502	100,91	92,6	27,593	29,391	100,7	78,7
SZIV A22 V3 P4	30,804	30,984	100,91	93,5	28,179	28,791	100,79	81,0
SZIV A22 V3 P5	30,629	30,598	100,80	93,2	27,681	29,028	100,66	80,8
SZIV A22 V3 P6	30,741	30,578	100,89	93,7	27,731	29,024	100,61	81,0
SZIV A22 V3 P7	30,523	30,014	101,01	90,9	27,978	28,941	100,74	79,0
SZIV A22 V3 P8	30,541	30,580	100,65	93,1	27,591	29,024	100,47	80,3
SZIV A22 V3 P9	30,999	30,229	100,84	91,9	28,007	28,724	100,65	80,3
SZIV A22 V3 P10	30,744	30,881	100,94	93,1	28,009	29,371	100,73	81,1
SZIV A22 V8 P11	30,626	30,627	100,93	93,1	27,234	28,798	100,79	79,3
SZIV A22 V8 P12	30,741	30,648	101,15	93,8	27,999	29,331	101,03	80,2
SZIV A22 V8 P13	30,701	30,766	101,02	94,2	27,286	29,435	100,86	79,6
SZIV A22 V8 P14	30,514	30,641	100,91	93,3	27,545	28,746	100,76	80,1
SZIV A22 V8 P15	30,771	30,631	100,96	94,0	27,536	28,773	100,77	79,8
SZIV A22 V8 P16	30,627	30,716	101,05	94,1	27,159	29,385	101,01	79,3
SZIV A22 V8 P17	30,671	30,648	100,98	94,2	27,191	29,028	100,91	79,9
SZIV A22 V8 P18	30,554	30,525	100,93	93,3	27,421	28,735	100,91	78,6
SZIV A22 V8 P19	30,909	30,767	101,12	93,6	27,103	29,357	100,96	79,1
SZIV A22 V8 P20	30,982	30,580	100,94	93,1	27,903	28,701	100,73	79,1

**Medición de las contracciones de la madera: árbol 56, sub-zona IV**

Código de probeta	Medición en estado húmedo				Medición en estado anhidro			
	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)	C. Tang. (mm.)	C. Radial (mm.)	C. Long. (mm.)	C. Vol. (gr.)
SZIV A56 V2 P1	31,317	30,545	100,79	93,5	28,447	29,076	100,59	81,9
SZIV A56 V2 P2	30,791	30,868	100,78	93,3	27,782	29,367	100,66	81,4
SZIV A56 V2 P3	30,521	30,861	100,95	92,5	27,641	29,367	100,81	80,5
SZIV A56 V2 P4	30,534	30,821	100,89	92,5	27,753	29,364	100,75	80,7
SZIV A56 V2 P5	30,915	30,680	100,88	93,0	27,999	29,215	100,74	81,5
SZIV A56 V2 P6	31,362	30,541	100,82	94,0	28,055	29,367	100,66	81,4
SZIV A56 V2 P7	30,687	30,976	100,48	93,4	27,805	29,445	100,38	81,3
SZIV A56 V2 P8	30,767	30,591	100,77	93,6	27,822	29,352	100,65	81,0
SZIV A56 V2 P9	30,731	30,808	100,84	93,1	28,014	28,752	100,72	81,2
SZIV A56 V2 P10	30,565	30,569	100,85	93,3	27,735	29,226	100,75	82,1
SZIV A56 V7 P11	30,642	30,666	100,97	94,0	28,047	29,275	100,84	82,9
SZIV A56 V7 P12	30,577	30,724	100,95	93,7	28,062	29,215	100,8	82,7
SZIV A56 V7 P13	30,639	30,582	100,65	93,4	28,225	29,026	100,5	82,2
SZIV A56 V7 P14	30,681	30,623	100,77	93,6	28,121	29,162	100,69	82,7
SZIV A56 V7 P15	30,644	30,709	100,80	93,8	28,144	29,314	100,64	82,9
SZIV A56 V7 P16	30,692	30,723	100,74	93,9	28,975	29,328	100,65	83,3
SZIV A56 V7 P17	30,641	30,661	100,94	93,8	28,165	29,216	100,78	82,8
SZIV A56 V7 P18	30,638	30,725	100,73	93,5	28,195	29,185	100,61	82,6
SZIV A56 V7 P19	30,559	30,631	100,82	93,4	27,826	29,147	100,59	81,8
SZIV A56 V7 P20	30,672	30,678	101,07	93,9	28,256	29,237	100,97	83,2

**DATOS DEL CENSO FORESTAL REALIZADO EN LOS BLOQUES  
SELECCIONADOS**

**Censo de árboles, sub-zona I - bloque I**

Nº	N. Común	CAP (m)	DAP (m)	Alt. Com. (m)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Coordenadas UTM	
						Este	Norte
1	Isigo	1,75	0,56	7	1,11	449759	8664011
2	Isigo	3,00	0,95	7	3,26	449739	8663986
3	Isigo	2,30	0,73	8	2,19	449711	8664034
4	Isigo	1,27	0,40	12	1,00	449644	8664017
5	Isigo	1,43	0,46	12	1,27	449664	8663920
6	Isigo	2,20	0,70	6	1,50	449649	8663915
7	Isigo	1,65	0,53	14	1,97	449615	8663988
8	Isigo	1,70	0,54	8	1,20	449604	8664001
9	Isigo	1,90	0,60	12	2,24	449621	8663992
10	Isigo	3,45	1,10	16	9,85	449530	8664022
11	Isigo	1,30	0,41	9	0,79	449539	8663935
12	Isigo	1,50	0,48	8	0,93	449557	8663894
13	Isigo	1,70	0,54	10	1,49	449573	8663895
14	Isigo	1,80	0,57	6	1,01	449552	8663883
15	Isigo	1,85	0,59	11	1,95	449566	8663881
16	Isigo	1,65	0,53	7	0,99	449590	8663891
17	Isigo	1,80	0,57	6	1,01	449601	8663902
18	Isigo	2,05	0,65	8	1,74	449581	8663904
19	Isigo	1,30	0,41	8	0,70	449584	8663913
20	Isigo	2,30	0,73	7	1,92	449654	8663892
21	Isigo	2,10	0,67	12	2,74	449652	8663926
22	Isigo	1,38	0,44	7	0,69	449779	8664090
23	Isigo	1,36	0,43	6	0,57	449780	8664095
24	Isigo	1,45	0,46	12	1,31	449690	8664138
25	Isigo	1,45	0,46	10	1,09	449660	8664138
26	Isigo	1,62	0,52	7	0,95	449669	8664150
27	Isigo	3,14	1,00	8	4,08	449758	8664251
28	Isigo	1,80	0,57	11	1,84	449794	8664276
29	Isigo	1,28	0,41	10	0,85	449823	8664256
30	Isigo	1,90	0,60	6	1,12	449813	8664248
31	Isigo	1,30	0,41	12	1,05	449790	8664247
32	Isigo	1,90	0,60	14	2,61	449870	8664213
33	Isigo	1,30	0,41	8	0,70	449870	8664199
34	Isigo	2,82	0,90	6	2,47	449860	8664195

**Censo de árboles, sub-zona II - bloque IV**

N°	N. Común	CAP (m)	DAP (m)	Alt. Com. (m)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Coordenadas UTM	
						Este	Norte
1	Isigo	1,40	0,45	8,00	0,81	449875	8664005
2	Isigo	1,90	0,60	10,00	1,87	449884	8664011
3	Isigo	2,70	0,86	9,00	3,39	449934	8664043
4	Isigo	1,55	0,49	6,00	0,75	449942	8664058
5	Isigo	1,85	0,59	11,00	1,95	449944	8664024
6	Isigo	2,30	0,73	13,00	3,56	449884	8663971
7	Isigo	1,85	0,59	10,00	1,77	449840	8663931
8	Isigo	1,50	0,48	6,00	0,70	449858	8663916
9	Isigo	2,48	0,79	9,00	2,86	449823	8663865
10	Isigo	1,55	0,49	5,00	0,62	449832	8663876
11	Isigo	1,95	0,62	11,00	2,16	449814	8663870
12	Isigo	2,80	0,89	11,00	4,46	449778	8663838
13	Isigo	1,95	0,62	12,00	2,36	449709	8663875
14	Isigo	1,40	0,45	11,00	1,12	449725	8663915
15	Isigo	1,38	0,44	11,00	1,08	449942	8664122
16	Isigo	2,80	0,89	6,00	2,43	449987	8664123
17	Isigo	2,65	0,84	6,00	2,18	450007	8664019
18	Isigo	1,50	0,48	10,00	1,16	450028	8664017
19	Isigo	2,70	0,86	8,00	3,02	450092	8664074
20	Isigo	1,62	0,52	5,00	0,68	450071	8664169
21	Isigo	2,10	0,67	9,00	2,05	450051	8664169
22	Isigo	1,50	0,48	7,00	0,81	450022	8664205
23	Isigo	2,40	0,76	10,00	2,98	450046	8664214

**Censo de árboles, sub-zona II - bloque II**

N°	N. Común	CAP (m)	DAP (m)	Alt. Com. (m)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Coordenadas UTM	
						Este	Norte
1	Isigo	1,44	0,46	13,00	1,39	464779	8661884
2	Isigo	1,28	0,41	7,00	0,59	464780	8661890
3	Isigo	1,30	0,41	10,00	0,87	464778	8661897
4	Isigo	2,30	0,73	14,00	3,83	464779	8661924
5	Isigo	1,38	0,44	6,00	0,59	464790	8661920
6	Isigo	2,80	0,89	10,00	4,06	464792	8661932
7	Isigo	2,94	0,94	12,00	5,37	464812	8661985
8	Isigo	2,44	0,78	9,00	2,77	464832	8661976
9	Isigo	2,90	0,92	10,00	4,35	464831	8661994
10	Isigo	2,20	0,70	12,00	3,00	464826	8662012
11	Isigo	1,36	0,43	9,00	0,86	464847	8662024
12	Isigo	2,65	0,84	7,00	2,54	464830	8662023
13	Isigo	2,96	0,94	14,00	6,34	464816	8662019
14	Isigo	1,45	0,46	12,00	1,31	464795	8662025
15	Isigo	2,75	0,88	10,00	3,91	464827	8662056
16	Isigo	1,50	0,48	12,00	1,40	464858	8662028
17	Isigo	1,45	0,46	10,00	1,09	464860	8662031
18	Isigo	2,18	0,69	9,00	2,21	464859	8661980
19	Isigo	2,70	0,86	8,00	3,02	464846	8662004
20	Isigo	2,60	0,83	12,00	4,20	464838	8661940
21	Isigo	1,62	0,52	6,00	0,81	464839	8661950
22	Isigo	2,10	0,67	7,00	1,60	464853	8661944
23	Isigo	3,14	1,00	9,00	4,59	464828	8661922
24	Isigo	3,50	1,11	12,00	7,60	464832	8661920
25	Isigo	2,50	0,80	13,00	4,20	464864	8661921
26	Isigo	2,06	0,66	8,00	1,76	464820	8661891
27	Isigo	1,90	0,60	13,00	2,43	464818	8661897
28	Isigo	1,80	0,57	10,00	1,68	464802	8661886
29	Isigo	2,90	0,92	5,00	2,18	464813	8661862
30	Isigo	1,60	0,51	6,00	0,79	464847	8661851
31	Isigo	1,45	0,46	12,00	1,31	464851	8661873
32	Isigo	2,00	0,64	6,00	1,24	464886	8661917
33	Isigo	2,05	0,65	7,00	1,52	464917	8661919
34	Isigo	2,80	0,89	8,00	3,24	464922	8661923
35	Isigo	2,15	0,68	9,00	2,15	464938	8661953
36	Isigo	1,45	0,46	15,00	1,63	464940	8661956
37	Isigo	1,60	0,51	6,00	0,79	464956	8661951
38	Isigo	2,30	0,73	8,00	2,19	464955	8661984
39	Isigo	1,40	0,45	12,00	1,22	464961	8661981
40	Isigo	1,60	0,51	12,00	1,59	464935	8661978
41	Isigo	1,50	0,48	7,00	0,81	464927	8661970

42	Isigo	1,80	0,57	11,00	1,84	464930	8661995
43	Isigo	2,30	0,73	10,00	2,74	464955	8661967
44	Isigo	1,80	0,57	12,00	2,01	464959	8662015
45	Isigo	1,80	0,57	7,00	1,17	464899	8661985
46	Isigo	1,60	0,51	10,00	1,32	464976	8662060
47	Isigo	2,08	0,66	5,00	1,12	465004	8662041
48	Isigo	1,84	0,59	10,00	1,75	465013	8662024
49	Isigo	1,60	0,51	10,00	1,32	465007	8662006
50	Isigo	1,50	0,48	9,00	1,05	465001	8662003
51	Isigo	1,38	0,44	6,00	0,59	465068	8662047
52	Isigo	1,36	0,43	10,00	0,96	465098	8662066
53	Isigo	2,18	0,69	9,00	2,21	465107	8662081
54	Isigo	1,90	0,60	11,00	2,05	465093	8662176
55	Isigo	2,15	0,68	9,00	2,15	465086	8662184
56	Isigo	1,60	0,51	6,00	0,79	465079	8662184
57	Isigo	1,80	0,57	10,00	1,68	465017	8662166
58	Isigo	1,29	0,41	7,00	0,60	465035	8662158
59	Isigo	1,84	0,59	9,00	1,58	465011	8662147



**Censo de árboles, sub-zona IV - bloque V**

N°	N. Común	CAP (m)	DAP (m)	Alt. Com. (m)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Coordenadas UTM	
						Este	Norte
1	Isigo	1,90	0,60	6,00	1,12	463967	8662803
2	Isigo	1,40	0,45	8,00	0,81	463973	8662807
3	Isigo	1,80	0,57	10,00	1,68	463912	8662754
4	Isigo	1,60	0,51	10,00	1,32	463906	8662773
5	Isigo	1,40	0,45	9,00	0,91	463880	8662778
6	Isigo	1,28	0,41	11,00	0,93	463897	8662778
7	Isigo	1,50	0,48	10,00	1,16	463908	8662783
8	Isigo	1,47	0,47	10,00	1,12	463923	8662824
9	Isigo	1,27	0,40	6,00	0,50	463931	8662806
10	Isigo	1,50	0,48	6,00	0,70	463949	8662829
11	Isigo	1,30	0,41	7,00	0,61	463954	8662826
12	Isigo	2,40	0,76	6,00	1,79	463929	8662877
13	Isigo	1,90	0,60	6,00	1,12	463929	8662878
14	Isigo	1,40	0,45	10,00	1,01	463958	8662878
15	Isigo	1,30	0,41	12,00	1,05	463922	8662923
16	Isigo	1,70	0,54	9,00	1,35	463920	8662920
17	Isigo	2,30	0,73	6,00	1,64	463908	8662927
18	Isigo	1,50	0,48	10,00	1,16	463922	8662934
19	Isigo	1,30	0,41	10,00	0,87	463859	8662908
20	Isigo	1,90	0,60	14,00	2,61	463864	8662909
21	Isigo	1,60	0,51	13,00	1,72	463856	8662907
22	Isigo	2,90	0,92	8,00	3,48	463882	8662874
23	Isigo	1,30	0,41	5,00	0,44	463875	8662886
24	Isigo	1,26	0,40	6,00	0,49	463855	8662896
25	Isigo	1,90	0,60	12,00	2,24	463857	8662897
26	Isigo	2,30	0,73	7,00	1,92	463855	8662910
27	Isigo	1,50	0,48	5,00	0,58	463801	8662872
28	Isigo	1,50	0,48	9,00	1,05	463802	8662852
29	Isigo	2,30	0,73	10,00	2,74	463840	8662839
30	Isigo	1,40	0,45	10,00	1,01	463837	8662839
31	Isigo	2,10	0,67	8,00	1,82	463849	8662798
32	Isigo	1,40	0,45	6,00	0,61	463850	8662810
33	Isigo	1,30	0,41	10,00	0,87	463852	8662771
34	Isigo	1,50	0,48	10,00	1,16	463827	8662784
35	Isigo	1,70	0,54	11,00	1,64	463802	8662783
36	Isigo	1,70	0,54	6,00	0,90	463764	8662779
37	Isigo	2,00	0,64	8,00	1,66	463772	8662727
38	Isigo	2,40	0,76	9,00	2,68	463787	8662748
39	Isigo	1,90	0,60	11,00	2,05	463813	8662765
40	Isigo	2,00	0,64	10,00	2,07	463837	8662742
41	Isigo	2,20	0,70	9,00	2,25	463820	8662738

42	Isigo	1,40	0,45	14,00	1,42	463839	8662712
43	Isigo	1,50	0,48	10,00	1,16	463843	8662721
44	Isigo	1,50	0,48	7,00	0,81	463857	8662717
45	Isigo	2,20	0,70	8,00	2,00	463870	8662727
46	Isigo	1,60	0,51	9,00	1,19	463770	8662897
47	Isigo	2,10	0,67	11,00	2,51	463760	8662882
48	Isigo	1,50	0,48	9,00	1,05	463764	8662875
49	Isigo	1,30	0,41	12,00	1,05	463753	8662883
50	Isigo	3,40	1,08	11,00	6,58	463740	8662888
51	Isigo	2,60	0,83	6,00	2,10	463725	8662882
52	Isigo	2,50	0,80	7,00	2,26	463654	8662815
53	Isigo	1,30	0,41	4,00	0,35	463634	8662793
54	Isigo	1,50	0,48	10,00	1,16	463635	8662809
55	Isigo	1,40	0,45	9,00	0,91	463614	8662821
56	Isigo	2,14	0,68	7,00	1,66	463620	8662836
57	Isigo	2,00	0,64	10,00	2,07	463714	8662799
58	Isigo	2,10	0,67	5,00	1,14	463698	8662720
59	Isigo	1,70	0,54	8,00	1,20	463673	8662715
60	Isigo	1,50	0,48	11,00	1,28	463641	8662697
61	Isigo	1,65	0,53	14,00	1,97	463627	8662701
62	Isigo	1,60	0,51	12,00	1,59	463604	8662716
63	Isigo	1,80	0,57	9,00	1,51	463609	8662725
64	Isigo	1,50	0,48	4,00	0,47	463587	8662733
65	Isigo	2,10	0,67	11,00	2,51	463565	8662739
66	Isigo	1,70	0,54	10,00	1,49	463556	8662712
67	Isigo	3,00	0,95	8,00	3,72	463559	8662713
68	Isigo	2,10	0,67	9,00	2,05	463562	8662703
69	Isigo	2,80	0,89	10,00	4,06	463515	8662719
70	Isigo	3,00	0,95	13,00	6,05	463511	8662707
71	Isigo	2,20	0,70	10,00	2,50	463520	8662708
72	Isigo	2,70	0,86	9,00	3,39	463499	8662707
73	Isigo	2,00	0,64	12,00	2,48	463484	8662733
74	Isigo	1,30	0,41	6,00	0,52	463510	8662734
75	Isigo	1,28	0,41	8,00	0,68	463507	8662734
76	Isigo	2,70	0,86	7,00	2,64	463518	8662759

## DATOS DE ARBOLES Y TROZAS SELECCIONADAS

### DATOS DEL ARBOL 21

#### IDENTIFICACION

Fecha de selección: 28 de Enero del 2011		N° del árbol: 21		
Nombre común: Isigo				
Identificada por: Augusto Moreno Caipo				
Nombre científico: <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz				
Identificada por: Blgo. Hugo Dueñas L.				
Fecha de toma de las muestras botánicas: 28 de Enero del 2011				
Hojas: Si	Ramitas: Si	Corteza: Si	Flores: No	Frutos: No

#### IDENTIFICACION

Distrito: Las Piedras		Zona: I, sub-zona I		
Referencia del mapa: Si		Carretera: Si		
Registrada en croquis: Si		Pueblo más cercano: Comunidad Lucerna		

#### DESCRIPCION

Clase:	Dominante: Si	Intermedia: No		
D.A.P: 67 cm.	Altura total: 17m.	Altura comercial: 12m.		
Copa y follaje: Grande: No		Mediana: Si	Pequeña: No	
Tipo de bosque: Bosque colina baja				

Forma del tronco:	Aletones: Si	Recto: Si	Torcido: No
	Cilíndrico: No	Excéntrico: No	

Tipo de corteza:	Color: Rojo		Superficie: X
	Espesor: 80 cm		Espinoza: X
	Látex: X		Resina: Si
	Goma: X		Colorante: X

## DATOS DE LA TROZA B, ARBOL 21

### IDENTIFICACION

Fecha de volteo: 28 de enero del 2011	Nº del árbol: 21
	Nº de la troza: B

### MEDICION

Diámetro: extremo mayor	A -	d.1.: 52 cm.
		d.2.: 47 cm.

Diámetro: extremo menor	A -	d.1.: 47 cm.
		d.2.: 46,5 cm.

Nota: d.1. = diámetro mayor  
d.2. = diámetro menor

### DESCRIPCION

<u>Medula:</u>	Céntrico: No	Excéntrico: Si
----------------	--------------	----------------

<u>Sanidad:</u>	Sana: Si	Hueca: No	Pudrición: No
	Comejenes: No	Grietas después del volteo: Si	

<u>Albura:</u>	Se distingue del duramen	
	Color: Amarillo tendiendo a rojizo	Espesor: 3,40 cm.

<u>Duramen:</u>	Forma regular: Si	ó irregular: No
	Color: Marrón claro	Espesor: 20,2 cm.

### MANEJO

Tratamiento profiláctico:	Insecticida: No
	Fungicida: No
	Extremos pintados: Si

Condición de la corteza:	Integra: Si	Dañada: No
--------------------------	-------------	------------

Fecha de Transporte:	Al aserradero: 29 de Enero 2011
	Al laboratorio: 31 de Enero 2011

## DATOS DEL ARBOL 14

### IDENTIFICACION

Fecha de selección: 28 de Enero del 2011		N° del árbol: 14		
Nombre común: Isigo				
Identificada por: Augusto Moreno Caipo				
Nombre científico: <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz				
Identificada por: Blgo. Hugo Dueñas L.				
Fecha de toma de las muestras botánicas: 28 de Enero del 2011				
Hojas: Si	Ramitas: Si	Corteza: Si	Flores: No	Frutos: No

### IDENTIFICACION

Distrito: Las Piedras	Zona: I, sub-zona II
Referencia del mapa: Si	Carretera: Si
Registrada en croquis: Si	Pueblo más cercano: Comunidad Lucerna

### DESCRIPCION

Clase:	Dominante: No	Intermedia: Si
D.A.P: 45 cm.	Altura total: 18m.	Altura comercial: 11m.
Copa y follaje: Grande: No	Mediana: Si	Pequeña: No
Tipo de bosque: Bosque colina baja		

Forma del tronco:	Aletones: Si	Recto: Si	Torcido: No
	Cilíndrico: No	Excéntrico: No	

Tipo de corteza:	Color: Rojo	Superficie: Agrietada
	Espesor: 40 cm	Espinoza: No
	Látex: No	Resina: Si
	Goma: No	Colorante: No

## DATOS DE LA TROZA B, ARBOL 14

### IDENTIFICACION

Fecha de volteo: 28 de enero del 2011	Nº del árbol: 14
	Nº de la troza: B

### MEDICION

Diámetro: extremo mayor	A -	d.1.: 38 cm.
		d.2.: 38 cm.

Diámetro: extremo menor	A -	d.1.: 38 cm.
		d.2.: 36 cm.

Nota: d.1. = diámetro mayor  
d.2. = diámetro menor

### DESCRIPCION

<u>Medula:</u>	Céntrico: Si	Excéntrico: No
----------------	--------------	----------------

<u>Sanidad:</u>	Sana: Si	Hueca: No	Putrición: No
	Comejenes: No	Grietas después del volteo: Si	

<u>Albura:</u>	Se distingue del duramen	
	Color: Crema a amarillento	Espesor: 6 cm.

<u>Duramen:</u>	Forma regular: No	ó irregular: Si
	Color: Marrón claro	Espesor: 13.2 cm.

### MANEJO

Tratamiento profiláctico:	Insecticida: No
	Fungicida: No
	Extremos pintados: Si

Condición de la corteza:	Integra: Si	Dañada: No
--------------------------	-------------	------------

Fecha de Transporte:	Al aserradero: 29 de Enero 2011
	Al laboratorio: 31 de Enero 2011

### DATOS DEL ARBOL 13

#### IDENTIFICACION

Fecha de selección: 27 de Enero del 2011		Nº del árbol: 13		
Nombre común: Isigo				
Identificada por: Augusto Moreno Caipo				
Nombre científico: <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz				
Identificada por: Blgo. Hugo Dueñas L.				
Fecha de toma de las muestras botánicas: 27 de Enero del 2011				
Hojas: Si	Ramitas: Si	Corteza: Si	Flores: No	Frutos: No

#### IDENTIFICACION

Distrito: Las Piedras	Zona: II, sub-zona III
Referencia del mapa: Si	Carretera: Si
Registrada en croquis: Si	Pueblo más cercano: Comunidad Varsovia

#### DESCRIPCION

Clase:	Dominante: Si	Intermedia: No
D.A.P: 94 cm.	Altura total: 20m.	Altura comercial: 14m.
Copa y follaje: Grande: Si	Mediana: No	Pequeña: No
Tipo de bosque: Bosque terraza alta		

Forma del tronco:	Aletones: Si	Recto: Si	Torcido: No
	Cilíndrico: No	Excéntrico: No	

Tipo de corteza:	Color: Amarillo claro	Superficie: Agrietada
	Espesor: 1.3 cm	Espinoza: No
	Látex: No	Resina: Si
	Goma: No	Colorante: No

## DATOS DE LA TROZA H, ARBOL 13

### IDENTIFICACION

Fecha de volteo: 27 de enero del 2011	Nº del árbol: 13
	Nº de la troza: H

### MEDICION

Diámetro: extremo mayor	A -	d.1.: 58 cm.
		d.2.: 54 cm.

Diámetro: extremo menor	A -	d.1.: 53 cm.
		d.2.: 48 cm.

Nota: d.1. = diámetro mayor  
d.2. = diámetro menor

### DESCRIPCION

<u>Medula:</u>	Céntrico: No	Excéntrico: Si
----------------	--------------	----------------

<u>Sanidad:</u>	Sana: Si	Hueca: No	Pudrición: No
	Comejenes: No	Grietas después del volteo: Si	

<u>Albura:</u>	Se distingue del duramen	
	Color: Crema a amarillento	Espesor: 15 cm.

<u>Duramen:</u>	Forma regular: No	ó irregular: Si
	Color: Marrón oscuro	Espesor: 31 cm.

### MANEJO

Tratamiento profiláctico:	Insecticida: No
	Fungicida: No
	Extremos pintados: Si

Condición de la corteza:	Integra: Si	Dañada: No
--------------------------	-------------	------------

Fecha de Transporte:	Al aserradero: 29 de Enero 2011
	Al laboratorio: 31 de Enero 2011



## DATOS DEL ARBOL 15

### IDENTIFICACION

Fecha de selección: 27 de Enero del 2011		Nº del árbol: 15		
Nombre común: Isigo				
Identificada por: Augusto Moreno Caipo				
Nombre científico: <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz				
Identificada por: Blgo. Hugo Dueñas L.				
Fecha de toma de las muestras botánicas: 27 de Enero del 2011				
Hojas: Si	Ramitas: Si	Corteza: Si	Flores: No	Frutos: No

### IDENTIFICACION

Distrito: Las Piedras	Zona: II, sub-zona III
Referencia del mapa: Si	Carretera: Si
Registrada en croquis: Si	Pueblo más cercano: Comunidad Varsovia

### DESCRIPCION

Clase:	Dominante: Si	Intermedia: No
D.A.P: 88 cm.	Altura total: 17 m.	Altura comercial: 10 m.
Copa y follaje: Grande: Si	Mediana: No	Pequeña: No
Tipo de bosque: Bosque terraza alta		

Forma del tronco:	Aletones: Si	Recto: Si	Torcido: No
	Cilíndrico: No	Excéntrico: No	

Tipo de corteza:	Color: Amarillo oxidado a rojo oscuro	Superficie: Agrietada
	Espesor: 1.2 cm	Espinoza: No
	Látex: No	Resina: Si
	Goma: No	Colorante: No

## DATOS DE LA TROZA C, ARBOL 15

### IDENTIFICACION

Fecha de volteo: 27 de enero del 2011	Nº del árbol: 15
	Nº de la troza: C

### MEDICION

Diámetro: extremo mayor	A -	d.1.: 69 cm.
		d.2.: 59 cm.

Diámetro: extremo menor	A -	d.1.: 67 cm.
		d.2.: 54 cm.

Nota: d.1. = diámetro mayor  
d.2. = diámetro menor

### DESCRIPCION

<u>Medula:</u>	Céntrico: Si	Excéntrico: No
----------------	--------------	----------------

<u>Sanidad:</u>	Sana: Si	Hueca: No	Pudrición: No
	Comejenes: No	Grietas después del volteo: Si	

<u>Albura:</u>	Se distingue del duramen	
	Color: Crema a amarillento	Espesor: 9.5 cm.

<u>Duramen:</u>	Forma regular: No	ó irregular: Si
	Color: Marrón a amarillento	Espesor: 22 cm.

### MANEJO

Tratamiento profiláctico:	Insecticida: No
	Fungicida: No
	Extremos pintados: Si

Condición de la corteza:	Íntegra: Si	Dañada: No
--------------------------	-------------	------------

Fecha de Transporte:	Al aserradero: 29 de Enero 2011
	Al laboratorio: 31 de Enero 2011



## DATOS DEL ARBOL 22

### IDENTIFICACION

Fecha de selección: 27 de Enero del 2011		N° del árbol: 22		
Nombre común: Isigo				
Identificada por: Augusto Moreno Caipo				
Nombre científico: <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz				
Identificada por: Blgo. Hugo Dueñas L.				
Fecha de toma de las muestras botánicas: 27 de Enero del 2011				
Hojas: Si	Ramitas: Si	Corteza: Si	Flores: No	Frutos: No

### IDENTIFICACION

Distrito: Las Piedras	Zona: II, sub-zona IV
Referencia del mapa: Si	Carretera: Si
Registrada en croquis: Si	Pueblo más cercano: Comunidad Varsovia

### DESCRIPCION

Clase:	Dominante: Si	Intermedia: No
D.A.P: 92 cm.	Altura total: 17 m.	Altura comercial: 8 m.
Copa y follaje: Grande: Si	Mediana: No	Pequeña: No
Tipo de bosque: Bosque terraza alta		

Forma del tronco:	Aletones: Si	Recto: Si	Torcido: No
	Cilíndrico: No	Excéntrico: No	

Tipo de corteza:	Color: Amarillo oxida a rojo oscuro	Superficie: Agrietada
	Espesor: 1.3 cm	Espinoza: No
	Látex: No	Resina: Si
	Goma: No	Colorante: No

## DATOS DE LA TROZA D, ARBOL 22

### IDENTIFICACION

Fecha de volteo: 27 de enero del 2011	N° del árbol: 22
	N° de la troza: D

### MEDICION

Diámetro: extremo mayor	A -	d.1.: 53 cm.
		d.2.: 52 cm.

Diámetro: extremo menor	A -	d.1.: 55 cm.
		d.2.: 51 cm.

Nota: d.1. = diámetro mayor  
d.2. = diámetro menor

### DESCRIPCION

<u>Medula:</u>	Céntrico: No	Excéntrico: Si
----------------	--------------	----------------

<u>Sanidad:</u>	Sana: Si	Hueca: No	Pudrición: No
	Comejenes: No	Grietas después del volteo: Si	

<u>Albura:</u>	Se distingue del duramen	
	Color: Crema a amarillento	Espesor: 5 cm.

<u>Duramen:</u>	Forma regular: No	ó irregular: Si
	Color: Marrón tiende a rojizo	Espesor: 22 cm.

### MANEJO

Tratamiento profiláctico:	Insecticida: No
	Fungicida: No
	Extremos pintados: Si

Condición de la corteza:	Integra: Si	Dañada: No
--------------------------	-------------	------------

Fecha de Transporte:	Al aserradero: 29 de Enero 2011
	Al laboratorio: 31 de Enero 2011

## DATOS DEL ARBOL 56

### IDENTIFICACION

Fecha de selección: 27 de Enero del 2011		N° del árbol: 56		
Nombre común: Isigo				
Identificada por: Augusto Moreno Caipo				
Nombre científico: <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swartz				
Identificada por: Blgo. Hugo Dueñas L.				
Fecha de toma de las muestras botánicas: 27 de Enero del 2011				
Hojas: Si	Ramitas: Si	Corteza: Si	Flores: No	Frutos: No

### IDENTIFICACION

Distrito: Las Piedras	Zona: II, sub-zona IV
Referencia del mapa: Si	Carretera: Si
Registrada en croquis: Si	Pueblo más cercano: Comunidad Varsovia

### DESCRIPCION

Clase:	Dominante: Si	Intermedia: No
D.A.P: 68 cm.	Altura total: 15 m.	Altura comercial: 7 m.
Copa y follaje: Grande: Si	Mediana: No	Pequeña: No
Tipo de bosque: Bosque terraza alta		

Forma del tronco:	Aletones: Si	Recto: Si	Torcido: No
	Cilíndrico: No	Excéntrico: No	

Tipo de corteza:	Color: Amarillento oxida a rojizo	Superficie: Agrietada
	Espesor: 0.9 cm	Espinoza: No
	Látex: No	Resina: Si
	Goma: No	Colorante: No

## DATOS DE LA TROZA C, ARBOL 56

### IDENTIFICACION

Fecha de volteo: 27 de enero del 2011	N° del árbol: 56
	N° de la troza: C

### MEDICION

Diámetro: extremo mayor	A -	d.1.: 58 cm.
		d.2.: 52 cm.

Diámetro: extremo menor	A -	d.1.: 56 cm.
		d.2.: 49 cm.

Nota: d.1. = diámetro mayor  
d.2. = diámetro menor

### DESCRIPCION

<u>Medula:</u>	Céntrico: Si	Excéntrico: No
----------------	--------------	----------------

<u>Sanidad:</u>	Sana: Si	Hueca: No	Pudrición: No
	Comejenes: No	Grietas después del volteo: Si	

<u>Albura:</u>	Se distingue del duramen	
	Color: Amarillento	Espesor: 7 cm.

<u>Duramen:</u>	Forma regular: No	ó irregular: Si
	Color: Marrón claro	Espesor: 19 cm.

### MANEJO

Tratamiento profiláctico:	Insecticida: No
	Fungicida: No
	Extremos pintados: Si

Condición de la corteza:	Integra: Si	Dañada: No
--------------------------	-------------	------------

Fecha de Transporte:	Al aserradero: 29 de Enero 2011
	Al laboratorio: 31 de Enero 2011

## PANEL FOTOGRAFICO



Foto N°01. Censo de árboles en bloques seleccionados.



Foto N°02. Tumbado de árboles seleccionados en los bloques.



Foto N°03. Marcado y codificación de trozas.



Foto N°04. Corte transversal de trozas seleccionadas.



Foto N°05. Obtención de tablonces centrales.



Foto N°06. Apeo del tablón central para la obtención de viguetas de 15 x 5 cm.



Foto N°07. Tratamiento en las caras de las viguetas con pintura de aluminio.



Foto N°08. Proceso de obtención de viguetas finales.

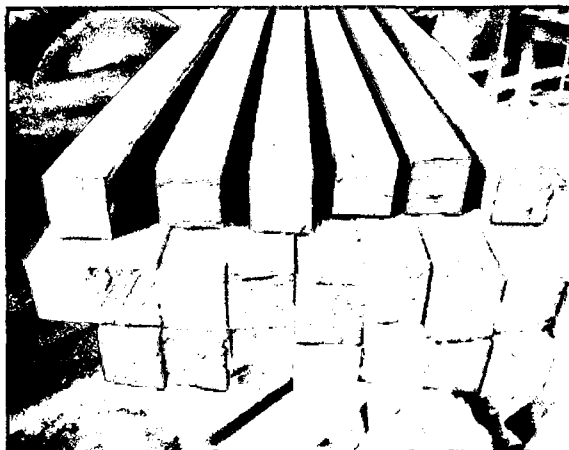


Foto N°09. Viguetas finales de 3x3x130 cm.

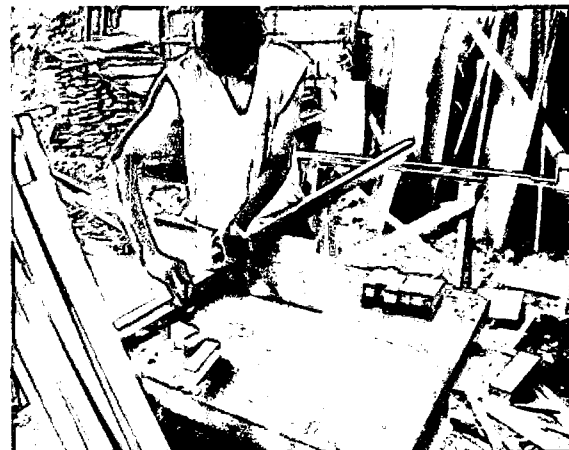


Foto N°10. Proceso de obtención de probetas de 3x3x10 cm.



Foto N°11. Proceso de selección, codificado y limpieza de probetas.



Foto N°12. Obtención del peso de probetas.



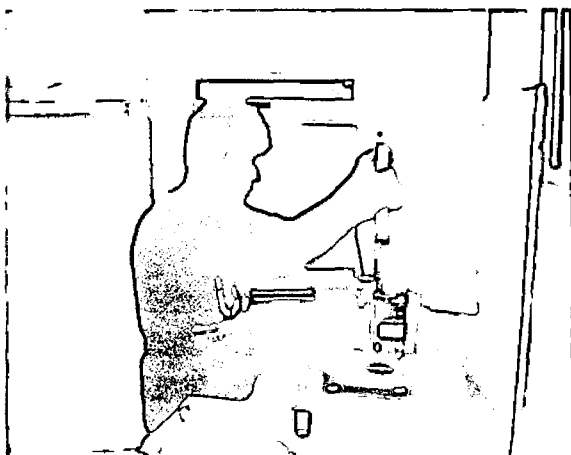


Foto N°13. Obtención del volumen de probetas.

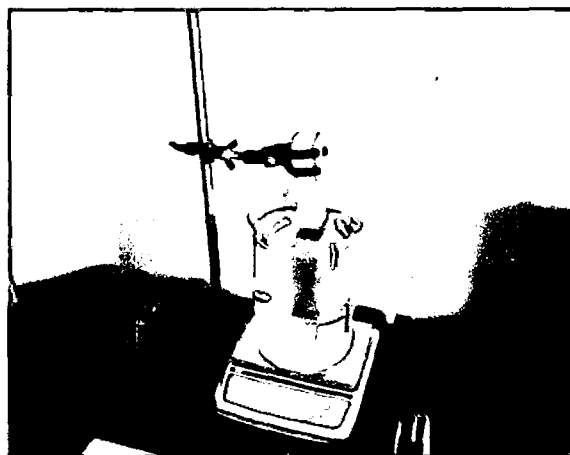


Foto N°14. Obtención del volumen de probetas, método de inmersión en agua.

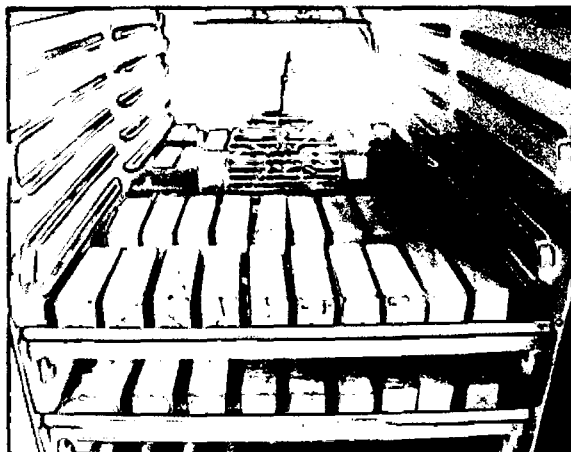


Foto N°15. Secado de probetas en estufa eléctrica.



Foto N°16. Probetas dentro de la campana de enfriamiento.

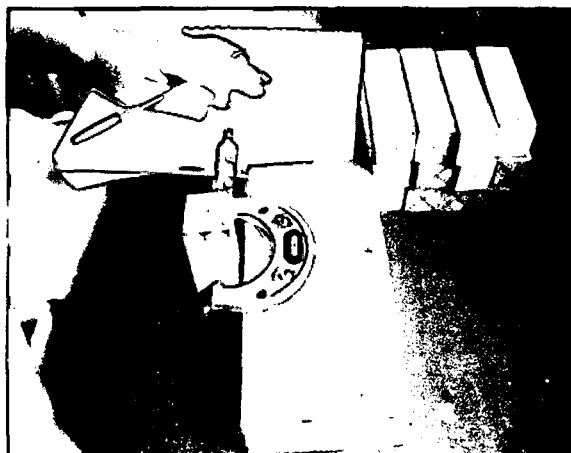


Foto N°17. Medición de las contracciones de la madera.

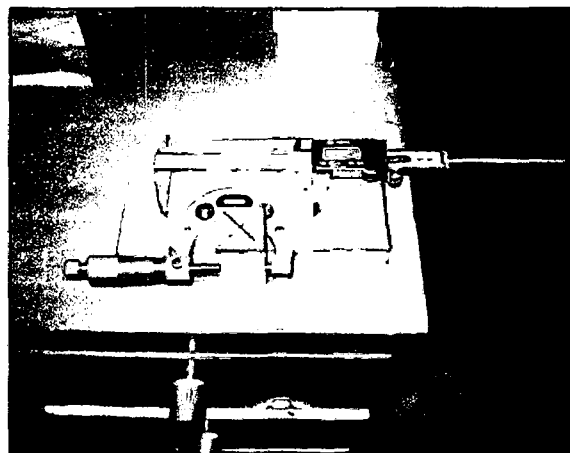
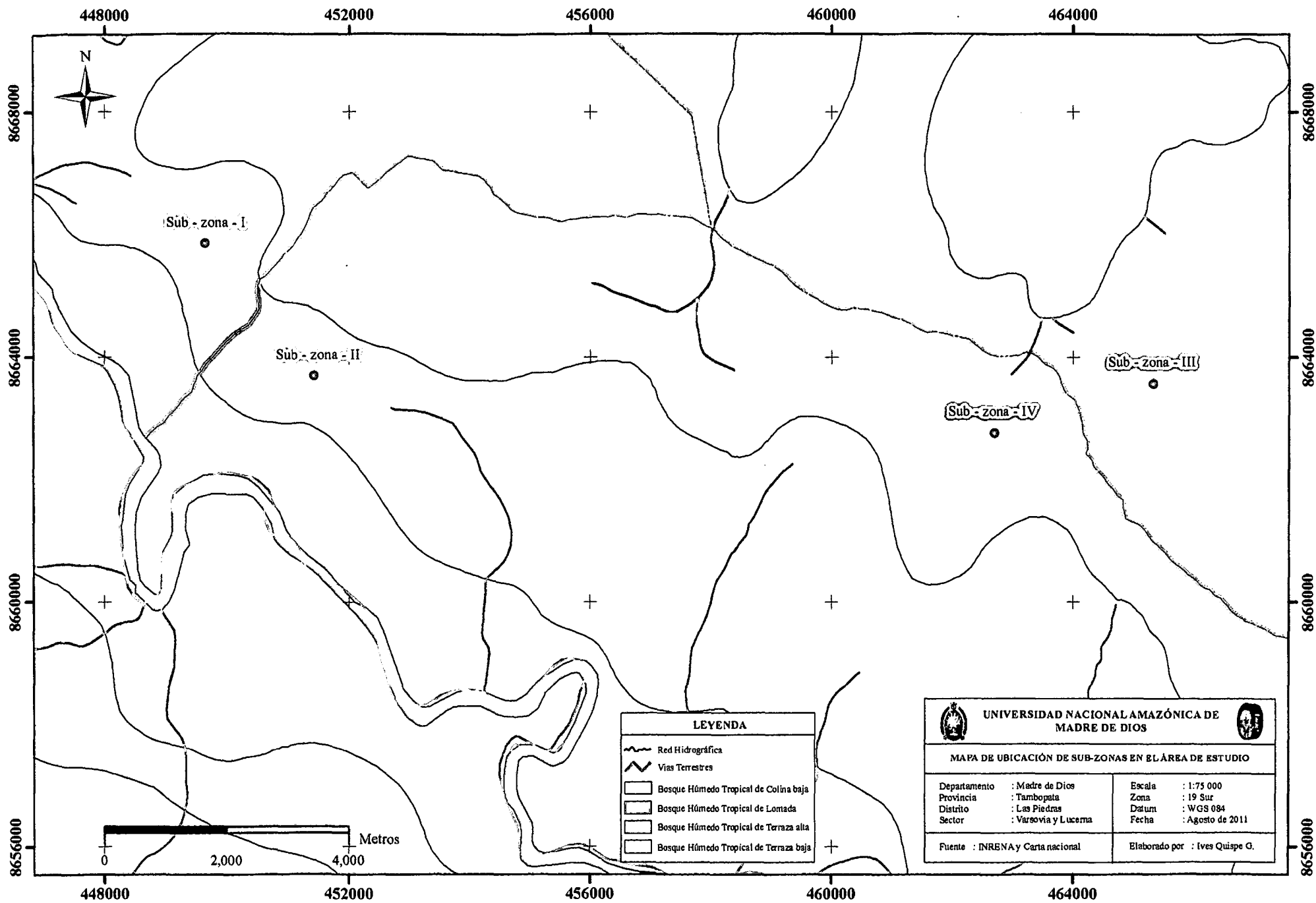
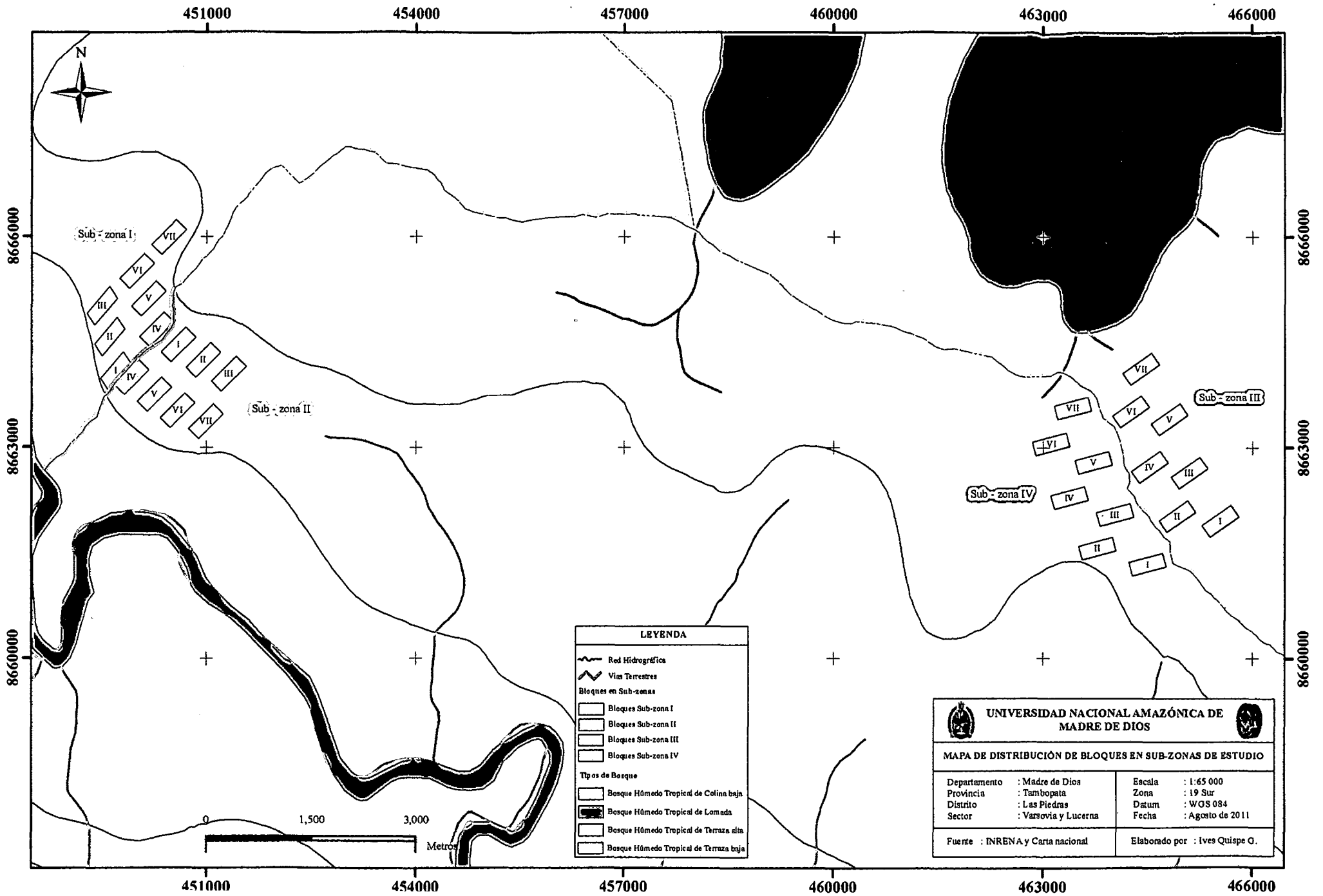


Foto N°18. Medición de las contracciones de la madera en las tres direcciones de corte.





**LEYENDA**

- Red Hidrográfic
- Vías Terrestres
- Bloques en Sub-zonas**
- Bloques Sub-zona I
- Bloques Sub-zona II
- Bloques Sub-zona III
- Bloques Sub-zona IV
- Tipos de Bosque**
- Bosque Húmedo Tropical de Colina baja
- Bosque Húmedo Tropical de Lomada
- Bosque Húmedo Tropical de Terraza alta
- Bosque Húmedo Tropical de Terraza baja

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**

**MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE BLOQUES EN SUB-ZONAS DE ESTUDIO**

Departamento : Madre de Dios	Escala : 1:65 000
Provincia : Tambopata	Zona : 19 Sur
Distrito : Las Piedras	Datum : WGS 084
Sector : Varsovia y Lucerna	Fecha : Agosto de 2011

Fuente : INRENA y Carta nacional      Elaborado por : Ives Quispe O.

## **CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE** **ESPECIMENES VEGETALES**

El que suscribe, **M.Sc. Blgo. HERNANDO HUGO DUEÑAS LINARES**, especialista en identificación taxonómica de especímenes y productos de flora y fauna silvestre con Certificado de Inscripción N° 011, Registro de Personas Naturales y Jurídicas Habilitadas para realizar Certificación de identificación Taxonómica de Especímenes y Productos de Flora y Fauna Silvestre; en el Ministerio de Agricultura, Dirección General de Forestal y Fauna Silvestre, Intendencia Forestal y de Fauna Silvestre.

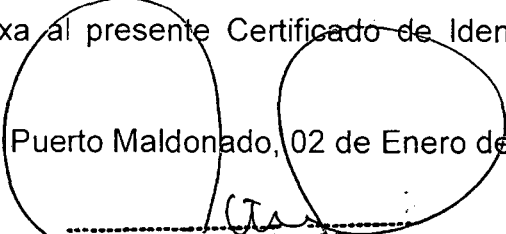
**CERTIFICA**, que los especímenes vegetales (06) presentado por el Sr. Estudiante **IVES QUISPE GOMÉZ**, de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Facultad de Ingenierías, Departamento Académico de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente; para su identificación y/o determinación para el informe final de investigación de Tesis Universitaria intitulada: **"Análisis Comparativo de las propiedades físicas de la madera de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swart., de dos tipos de Bosque del Distrito las Piedras-Madre de Dios"**, corresponden a la especie:

➤ *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swart.,

De acuerdo al Catálogo de Angiospermas y Gimnospermas del Perú de Lois Brako and James L. Zarucchi (1993), y al APG III (Angiosperm Phylogenetic Group, 2010).

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere conveniente. Se anexa al presente Certificado de Identificación la lista de las especies.

Puerto Maldonado, 02 de Enero de 2011.

  
**Blgo. Hugo Dueñas Linares**  
ESPECIALISTA TAXONOMÍA  
Reg. N° 011 DGFFS/NA

IDENTIFICACION TAXONOMICA ESPECIMENES  
INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN DE TESIS UNIVERSITARIA

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swart, en dos tipos de bosque del Distrito de Las Piedras-Madre de Dios

TESISTA: IVES QUISPE GOMÉZ

Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente UNAMAD

Nº	CODIGO	NOMBRE CIENTÍFICO	N. COMÚN	FAMILIA	HABITO	HABITAT	LOCALIDAD	ID	FECHA ID
1	21	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	"Isigo"	BURSERACEAE	Arbol 17 m.	Bosque de colina baja	Comunidad de Lucerna	HDL	02/01/2011
2	14	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	"Isigo"	BURSERACEAE	Arbol 18 m.	Bosque de colina baja	Comunidad de Lucerna	HDL	02/01/2011
3	13	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	"Isigo"	BURSERACEAE	Arbol 19 m.	Bosque de terraza alta	Comunidad de Varsovia	HDL	02/01/2011
4	15	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	"Isigo"	BURSERACEAE	Arbol 18 m.	Bosque de terraza alta	Comunidad de Varsovia	HDL	02/01/2011
5	22	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	"Isigo"	BURSERACEAE	Arbol 19 m.	Bosque de terraza alta	Comunidad de Varsovia	HDL	02/01/2011
6	56	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	"Isigo"	BURSERACEAE	Arbol 17 m.	Bosque de terraza alta	Comunidad de Varsovia	HDL	02/01/2011

Puerto Maldonado, 02 de enero de 2011.

*Hugo Dueñas Linares*  
Blgo. *Hugo Dueñas Linares*  
ESPECIALISTA TAXONOMÍA  
Reg. Nº 011 DGFFS/NA