

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS FORESTALES



**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SECADO NATURAL DE
ACUERDO A TÉCNICAS EN APILADO TRIANGULAR Y EN CABALLETE DE
LA ESPECIE FORESTAL *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "REQUIA" PARA LA
ZONA DE TINGO MARÍA**

Tesis

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES**

GIANCARLO DAZA FARIAS

PROMOCIÓN 2010 - II

Tingo María - Perú

2012



K50

D11

Daza Farias, Giancarlo

Evaluación de las características del secado natural de acuerdo a técnicas en apilado triangular y en caballete de la especie forestal *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia" para la zona de Tingo María.

96 páginas; 18 cuadros; 22 fgrs.; 33 ref.; 30 cm.

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

- | | | |
|---------------------|----------------------|--------------------------|
| 1. APILADO | 2. REQUIA | 3. SECADO NATURAL |
| 4. CABALLETE | 5. TRIANGULAR | 6. TINGO MARIA |



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 01 de junio del 2012, a horas 03:10 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SECADO NATURAL DE ACUERDO A TÉCNICAS DE APILADO TRIANGULAR Y EN CABELLETE DE LA ESPECIE FORESTAL *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. “Requia” PARA LA ZONA DE TINGO MARÍA”

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

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

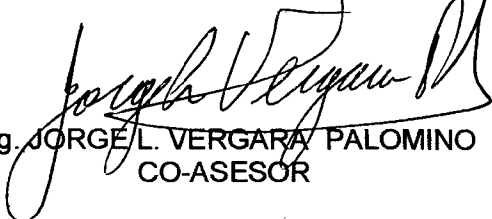
Tingo María, 26 de octubre del 2012.


Ing. M.Sc. RICARDO OCHOA CUYA
PRESIDENTE


Blgo. M.Sc. EDILBERTO CHUQUILÍN BUSTAMANTE
VOCAL


Ing. M.Sc. TANIA GUERRERO VEJARANO
VOCAL


Ing. MANUEL R. BRAVO MORALES
ASESOR


Ing. JORGE L. VERGARA PALOMINO
CO-ASESOR

DEDICATORIA

A JEHOVÁ DIOS, Ser Supremo,
Prefecto y Rector de todas las cosas
sobre este mundo. Al que le debo mi
vida, única cosa que ciertamente es mía.

A mi Amado padre Cesar Daza Rengifo,
ejemplo de tesón y firmeza. Gracias por
mostrarme que con poco, puede hacerse
mucho en esta vida. **A mi Hermosa y Amada
madre Isabel Cristina Fariás Agurto,** con
mucho amor, Gracias por asumir ese papel
tan importante en una familia de bien, Te
Amo.

A mis amados hermanos mayores:
José y Marlon Daza Fariás, a pesar de
las necesidades que hemos pasado
siempre hemos seguido con la promesa
de que juntos y unidos alcanzaremos los
sueños de una vida plena en familia.

**A mis Abuelitos Cristina Isabel Agurto
Moran y Pedro Rafael Fariás Clavijo
(Q.E.P.D),** fueron y son parte de mi vida y, los
adoro. **A mi primo Jhon Kenny Fariás
Seminario (Q.E.P.D).** **A mi sobrina Xiomara
Daza Fariás (Q.E.P.D),** ejemplo de
superación y dedicación, por siempre estarán
en nuestros corazones.

AGRADECIMIENTOS

A Jehová Dios, por brindarme la oportunidad de llegar hasta aquí y estar conmigo en las buenas y malas.

A mi padres y a mis hermanos, los cuales estoy muy agradecido por todo su amor incondicional que me han brindado y porque son mis ejes y ejemplo para seguir adelante. Muchas Gracias, Los Amo.

A mi tía Dora Daza y mi tío Lenin Rodríguez por su apoyo constante y por ser unos padres para mí en estos años de estudio. Muchas gracias.

A mi familia que me apoyo de forma incondicional en todo lo que emprendido desde que inicie mi formación primaria.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, a sus catedráticos y profesores, por la oportunidad de estudiar en esta institución y por los conocimientos transmitidos en toda mi carrera.

A mis asesores y amigos: Ing. Jorge Luis Vergara Palomino y Ing. Manuel Bravo Morales, por su valiosa colaboración desinteresada. Muchas gracias.

A los técnicos Leyden Fuchs Donayre y Mario Soza Shapiama, por su valioso apoyo y grandes experiencias ganadas durante estos años de formación profesional. Muchas Gracias.

A mis amigos Roberto Carlos Ríos Rengifo, Eco. Hanley Saldaña Grandez, Ing. René Calderón Tito por las oportunidades brindadas, por su valioso apoyo constante, consejos y la experiencia ganada en este tiempo que eh compartido con ellos. Muchas Gracias.

A mis queridas amigas Melissa, Josefa y Maribel Machuca Trujillo por su cariño comprensión y apoyo. "Una Familia Es La Que Te Apoya Cuando Más Lo Necesitas". Muchas Gracias.

A mis amigos (as) Oscar Mallqui, Roy Reátegui, Maribel Roca, Carlos Saldaña, Oscar Vásquez, Marleny Schmidt, Jorge Pinedo, Katherine Ore, Wilfredo Tsamash, Wilson Rodríguez, Daniel Vásquez, Ángela Torres, que me apoyaron de diversas formas en la elaboración y ejecución y corrección de mi tesis y gracias por esa gran amistad que tenemos. Muchas Gracias.

A todas aquellas personas no las pude nombrar pero que están en mi corazón y que directa o indirectamente me apoyaron. Gracias.

"Haz sólo lo que amas y serás feliz, y el que hace lo que ama, está benditamente condenado al éxito, que llegará cuando deba llegar, porque lo que debe ser, será, y llegará naturalmente".

Facundo Cabral. (Q.E.P.D)

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	04
2.1. Secado de la madera.....	04
2.1.1. Conceptos generales.....	04
2.1.2. Secado al natural o aire libre.....	05
2.1.3. Aspectos físicos relativos al secado de la madera.....	06
2.1.3.1. Cambios dimensionales.....	06
2.1.3.2. Higroscopicidad.....	10
2.1.3.3. Humedad relativa y la humedad de la madera...	11
2.1.3.4. Contenido de humedad de equilibrio (CHE).....	12
2.1.3.5. Punto de saturación de las fibras (PSF).....	13
2.1.3.6. Densidad y contenido de humedad.....	13
2.1.3.7. Curvas de secado.....	15
2.2. Secado al natural ó al aire libre de la madera.....	16
2.2.1. Apilado de madera aserrada en secado natural.....	17
2.2.1.1. Apilado en triángulo.....	17
2.2.1.2. Apilado con caballete.....	18

2.2.2.	Influencia en la madera de los factores internos y externos.....	19
2.2.3.	Factores que inciden en el secado de la madera.....	20
2.2.3.1.	Influencia de la estructura anatómica.....	20
2.2.3.2.	La higroscopicidad.....	21
2.2.3.3.	La anisotropía.....	21
2.3.	Propiedades Físicas.....	22
2.3.1.	Higroscopicidad.....	22
2.3.2.	Contenido de Humedad (CH).....	23
2.3.2.1.	Agua libre o capilar.....	25
2.3.2.2.	Agua ligada o de impregnación.....	26
2.3.2.3.	Agua de constitución química.....	26
2.3.3.	Densidad.....	28
2.3.3.1.	Densidad básica de la madera.....	29
2.3.3.2.	Contenido de humedad en base seca.....	30
2.3.4.	Contracción de la madera.....	30
2.3.5.	Variación de las propiedades físicas.....	33
2.4.	Defectos y deformaciones de la madera en el secado.....	36
2.4.1.	Defectos (grietas y rajaduras).....	36
2.4.2.	Deformaciones (alabeos).....	37
2.4.2.1.	Abarquillado.....	37
2.4.2.2.	Arqueadura.....	37
2.4.2.3.	Encorvadura.....	38
2.4.2.4.	Torcedura.....	38

2.5. Características de la especie forestal <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia" (INIA-PROMPEX, 1998).....	39
2.5.1. Distribución geográfica.....	39
2.5.2. Características del árbol.....	39
2.5.3. Características de la madera.....	39
2.5.4. Características tecnológicas.....	40
2.5.5. Recomendaciones técnicas y utilidades.....	40
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1. Ubicación y extensión.....	42
3.1.1. Lugar de ejecución.....	42
3.1.2. Zona de Vida.....	42
3.2. Materiales y equipos.....	42
3.2.1. Material biológico.....	42
3.2.2. Materiales de campo.....	43
3.2.3. Equipos de laboratorio.....	43
3.2.4. Equipos de campo y proceso de extracción de probetas...	44
3.2.5. Material de escritorio y gabinete.....	44
3.3. Metodología.....	44
3.3.1. Ubicación y selección de la especie.....	44
3.3.2. Proceso de obtención de la madera.....	45
3.3.3. Acondicionamiento de las probetas.....	49
3.3.3.1. Apilado.....	49

3.3.3.2. Apilado de las probetas según las normas técnicas.....	50
3.3.4. Determinación de las propiedades físicas de la madera...	50
3.3.4.1. Determinación del contenido de humedad.....	52
3.3.4.2. Determinación del cambio dimensional de las muestras.....	52
3.3.4.3. Evaluación de secado.....	53
3.3.4.4. Evaluación de defectos y deformaciones.....	54
3.3.5. Análisis Estadístico.....	54
3.3.5.1. Modelo aditivo lineal.....	55
3.3.5.2. Prueba estadística.....	56
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1. Contenido de humedad en los cortes tangencial y radial para la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	57
4.2. Secado natural de acuerdo a las técnicas de apilado en triangular y caballete para la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	61
4.3. Secado natural de acuerdo a los tres niveles de fuste para la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	65
4.4. Interacción entre el tipo de corte y el tipo de apilado en el contenido de humedad para la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	69
4.5. Contracción radial y tangencial en relación a los tres niveles de fuste para la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	71
4.5.1. Contracción radial para los tres niveles de fuste.....	71
4.5.2. Contracción tangencial para los tres niveles de fuste.....	73

4.6. Presencia de defectos y deformaciones en el secado natural para la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	77
4.6.1. Defectos y deformaciones para los planos de corte radial y tangencial.....	77
4.6.2. Defectos y deformaciones para las técnicas en apilado triangular y apilado en caballete.....	81
V. CONCLUSIONES.....	86
VI. RECOMENDACIONES.....	89
VII. ABSTRACT.....	90
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
IX. ANÉXOS.....	97

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Denominación de la madera en función al contenido de humedad.....	27
2. Clasificación de la madera según la densidad básica.....	29
3. Clasificación según relación de contracción tangencial y radial...	31
4. ANVA del CH (%) en los planos de corte tangencial y radial.....	59
5. Prueba de Duncan para los promedio del CH (%) con $\alpha = 0.05$...	61
6. ANVA del CH (%) en los tipos de apilado triangular y en caballete.....	64
7. Prueba de Duncan para los promedios del CH (%) en los tipos de apilado con $\alpha = 0.05$	65
8. ANVA del CH (%) para los tres niveles de fuste en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia" estudiados.....	68
9. Prueba de Duncan para los promedios del CH (%) en los tres niveles del fuste con $\alpha = 0.05$	69
10. ANVA del CH (%) para la interacción entre el tipo de corte y el tipo de apilado en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia"	69
11. Prueba de Duncan para los promedios del CH (%) para la interacción entre los tipos de corte y los tipos de apilado triangular y en caballete con $\alpha = 0.05$	70

12.	ANVA del CH (%) para la contracción radial en los tres niveles de fuste estudiados en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia"	72
13.	Prueba de Duncan para la contracción radial en los tres niveles de fuste estudiados en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia" con $\alpha = 0.05$	73
14.	ANVA del CH (%) para la contracción tangencial en los tres niveles de fuste estudiados en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	75
15.	Prueba de Duncan para la contracción radial en los tres niveles de fuste estudiados en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia" con $\alpha = 0.05$	75
16.	Relación T/R promedio en los tres niveles de fuste estudiados en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	77
17.	Defectos y deformaciones presentes en los planos de corte radial y tangencial durante el secado natural para la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	81
18.	Defectos y deformaciones presentes en los tipos de apilado triangular y caballete durante el secado natural para la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	85
19.	Datos de evaluación de contenido de humedad para los tipos de apilado en triangulo y caballete por día de evaluación.....	98
20.	Datos de evaluación de contenido de humedad para los planos de corte radial y tangencial por día de evaluación.....	101
21.	Datos de medidas de contracción para el árbol 1.....	107

22.	Datos de medidas de contracción para el árbol 2.....	108
23.	Datos de medidas de contracción para el árbol 3.....	109
24.	Datos de medidas de contracción para el árbol 4.....	110
25.	Datos de medidas de contracción para el árbol 5.....	111
26.	Datos de evaluación de defectos y deformaciones en porcentaje.....	112
27.	Datos de evaluación de defectos y deformaciones en de acuerdo al criterio de clasificación visual.....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Apilado en técnica de triangulo.....	17
2. Apilado en técnica de caballete.....	18
3. Tipos de defectos en el secado.....	36
4. Tipos de deformaciones en el secado.....	38
5. Ubicación de arboles para la posterior extracción.....	45
6. Talado de los árboles para la presente investigación.....	46
7. Trozado de árboles para la presente investigación.....	47
8. Transporte de trozas.....	47
9. Aserrado de trozas en sierra circular.....	48
10. Probetas obtenidas luego del aserrado en la sierra circular.....	49
11. Metodología de obtención de las trozas por nivel de fuste.....	51
12. Contenido de humedad por días de secado para los cortes tangencial i radial en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	57
13. Curva de secado mediante regresión potencial para los planos de corte tangencial y radial en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	58

14.	Contenido de H. por días de secado para las técnicas de apilado triangular y en caballete en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	61
15.	Curva de secado mediante regresión potencial para el apilado triangular y en caballete en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	63
16.	Contenido de humedad por días de secado para los tres niveles de fuste en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	66
17.	Curva de secado mediante regresión potencial para los niveles de fuste en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	67
18.	Contracción radial para los tres niveles de fuste en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	71
19.	Contracción tangencial para los tres niveles de fuste en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	74
20.	Relación T/R para los tres niveles de fuste en la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	76
21.	Defectos y deformación presentes en los planos de corte radial y tangencial de la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	79
22.	Defectos y deformación presentes en los tipos de apilado triangular y apilado en caballete para la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	84
23.	Ubicación y limpieza del árbol a extraer de la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	116
24.	Apeo o tala de la especie <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer. "Requia".....	117

25.	Corte de muestras según la orientación radial o tangencial.....	117
26.	Traslado de trozas para su posterior aserrado.....	118
27.	Marcación de trozas antes de ser aserradas.....	118
28.	Aserrado de trozas para obtención de probetas.....	119
29.	Proceso de calibración de probetas para obtención de sus determinadas dimensiones.....	119
30.	Evaluación del peso de probetas.....	120
31.	Evaluación de dimensiones de probetas en estudio.....	120
32.	Evaluación visual de defectos y deformaciones.....	121
33.	Presencia de defectos y deformaciones en las probetas estudiadas.....	121

RESUMEN

El objetivo fue evaluar, comparar y determinar las características del secado natural de acuerdo a técnicas en apilado triangular y en caballete de la especie forestal *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia", en tres niveles del fuste en la zona de Tingo María. El trabajo se realizó en la unidad académica Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal - Facultad de Recursos Naturales Renovables (UNAS). Se empleó el diseño de bloques completo al azar, con arreglo bifactorial (2a x 2b), con tres tratamientos que resultaron de los tres niveles de fuste presentes en el árbol, los cinco bloques que fueron cada uno de los arboles extraídos. Se usó trozas cortadas de acuerdo al nivel de fuste de 1.30 mts de longitud, procedentes del caserío de Shiringal, Sector Tulumayo, distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco. Las probetas, tablas o viguetas se obtuvieron con dimensiones de 2,54 cm x 10 cm x 120 cm. Se determinó que ambas técnicas de secado triangular y en caballete no presentaron diferencias significativas para los días de evaluación, pero si se presentaron diferencias significativas en el secado natural en los diferentes niveles de fuste, presentando al nivel inferior (base) con mayor rapidez en el secado natural con 15.26 % de contenido de humedad, seguido de 16.12% de CH para la parte media y 17.75% para la parte superior (ápice), al día 95 de evaluación. Se concluye que la técnica apilado en caballete, el plano de corte radial, el nivel de fuste inferior (base), son los principales factores que influyen en el secado natural de la "Requia". Se recomienda promover la investigación en el tema de tesis y trabajos de investigación de esta clase en diferentes especies forestales.

I. INTRODUCCIÓN

La madera es uno de los elementos constructivos más antiguos que el hombre ha utilizado en la construcción de sus viviendas y la producción de muebles. Sin embargo, para lograr trabajar la madera en forma adecuada y obtener un resultado excelente, es indispensable conocer y manejar las características y propiedades de la madera relacionadas con su estructura anatómica, así como la forma de corte y el proceso de secado.

Cada vez más, el mercado exige mayor calidad en los productos; calidad entendida como durabilidad, comodidad, materialidad, funcionalidad y acabado. Usar madera seca es un paso fundamental para alcanzar la estabilidad y buen desempeño o "performance" en la manufactura de los productos maderables.

En este sentido es importante conocer el comportamiento en las principales etapas a la que se somete la madera tal como es la etapa de secado, dentro de la cual es importante para que dicha madera sea de buena calidad y se encuentre en óptimo estado para su respectiva transformación y utilización en derivados productos.

Dentro de este contexto se realizó el presente trabajo de investigación en la cual se utilizó una especie de alto valor comercial a nivel

nacional e internacional, de excelente comportamiento al cepillado y a la trabajabilidad como es la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia".

En el caserío de Shiringal, sector Tulumayo, distrito de José Crespo y Castillo, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, se extrajo la materia prima para el presente estudio luego se procedió a las evaluaciones de las características de secado mediante los métodos de apilado en triangular y en caballete de la especie forestal *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia". Se empleó el método propuesto por diversas Normas Técnicas Peruanas y las especificaciones técnicas propuestas por AROSTEGUI (1975).

El presente estudio se realizó, por motivos que dentro de la provincia de Leoncio prado y aledaños no existe información acerca de la determinación de las características del secado natural mediante las técnicas de apilado triangular y caballete, de la especie forestal *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia", con el fin de contar con una información de carácter básica la cual podrá ser utilizada en diferentes industrias de producción y aprovechamiento de dicha especie forestal. La hipótesis propuesta es que la técnica de apilado con caballete tiene un menor tiempo de secado al natural a comparación de la técnica de secado en apilado triangular. En base a esta hipótesis se plantean los siguientes objetivos:

- Determinar la variación del contenido de humedad en los planos de corte radial y tangencial para la especie en estudio.

- Determinar mediante la curva de secado la mejor técnica para el secado natural de acuerdo a las técnicas de apilado triangular y en caballete para la especie en estudio.

- Determinar la variación de la curva de secado en los tres niveles de fuste para la especie en estudio.

- Determinar la variación de la contracción radial y tangencial en el proceso de secado en tres niveles de fuste para la especie en estudio.

- Determinar el comportamiento del secado natural en lo que se refiere a la presencia de defectos y deformaciones referidas a la especie en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Secado de la madera

2.1.1. Conceptos generales

Secado, es definido como el proceso de eliminar el exceso de agua de la madera para facilitar su posterior procesamiento o uso final, sin embargo la definición o concepto de secado va más allá de una simple fenómeno de pérdida de agua, ya que el proceso abarca varios aspectos como, el conocimiento de la materia prima, de su comportamiento y de los equipos utilizados para adelantar un secado óptimo. De otro lado, se sabe que en el proceso de secado interviene varios factores, siendo uno de los principales la temperatura, en ese sentido POMACHAGUA (1993) menciona que el secado es un proceso gradual de pérdida de agua debido al incremento de la temperatura que experimenta la madera como consecuencia del calor.

Según INTA (2001), la acción de la temperatura promueve la evaporación, que es la acción del calor que evapora fácilmente el agua en la madera, por capilaridad, cuando las paredes celulares atrae el agua y la hacen subir hasta el perímetro del poro y salir de la madera, y por difusión, que es el proceso lento de pérdida de agua.

De otro lado también se señala que en el secado se necesita el calor para evaporar el agua de la madera y estos requerimientos energéticos van en aumento a medida que progresa el secado. El aire en contacto con la madera está en movimiento para transportar tanto calor como la humedad extraída (INTA, 2001).

AROSTEGUI (1974) sostiene que el proceso de secado se basa en aprovechar la capacidad de la madera para intercambiar humedad con el ambiente en que se ubique. Por su parte, ANANÍAS (2005) manifiesta que la velocidad del secado de la madera puede ser representada por las variaciones temporales de la humedad de la madera. Teóricamente la velocidad del secado presenta una etapa constante al inicio, hasta el contenido de humedad crítico (CHC), luego es decreciente hasta el contenido de humedad de equilibrio (CHE).

2.1.2. Secado al natural o aire libre

Consiste en estacionar madera verde en un lugar abierto un determinado periodo de tiempo, durante el cual la madera entrega humedad a la atmósfera y tiende a llegar al punto de equilibrio higroscópico con el ambiente.

El secado al natural es la forma más sencilla y en muchos casos la más barata entre los métodos de secado. Algunas veces, el objetivo es bajar el contenido de humedad de la madera a su nivel de equilibrio con las condiciones climáticas. Otras, es secar la madera lo suficiente como para

permitir un transporte más económico, o como pre-secado para posteriores procesos de secado. En todos los casos, la intención es secar la madera aserrada en el tiempo más breve posible y con el mínimo deterioro. Los principales factores que influyen en un buen secado al natural son: Contar con un lugar adecuado (patio o pampa) para exponer la madera al natural y el apilado debe ser efectuado de tal modo que el aire circule alrededor de cada una de las piezas de madera. El mejor método de apilar o encastillar madera para un secado rápido, con el mínimo de agrietamiento y torcimiento, es el apilado plano. Sin embargo, se pueden apilar en forma más sencilla por el método "en caballete o V invertida", "apilado en pie" y "apilado en triángulo o rectángulo".

2.1.3. Aspectos físicos relativos al secado de la madera

2.1.3.1. Cambios dimensionales

La contracción es la disminución o pérdida de volumen de la madera, bajo el PSF y se expresa como porcentaje de la dimensión de la madera en estado verde. Además, es una de las características más indeseables de la madera y es la responsable en gran medida, de los inconvenientes y dificultades que se encuentran con ella en la construcción Pérez (1983), citado por GALLO (2010). Ésta se produce, como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa amorfa y aproximarse unas a otras microfibrillas. La contracción es proporcional al descenso del CH bajo el PSF (CUEVAS, 2003). La madera contiene una cierta

cantidad de agua depositada en los lúmenes celulares y en las paredes celulares de las fibras. Normalmente cuando la madera intercambia humedad de la pared celular, a consecuencia de esto, se produce variaciones en las dimensiones de la madera, las que son conocidas como contracción o hinchamiento (ANANIAS, 1987).

Son los cambios dimensionales que experimenta la madera en el sentido radial, tangencial y axial, como resultado del cambio de humedad. La madera como material higroscópico absorbe o cede agua según el medio que lo rodea y siempre trata de ponerse en equilibrio con la humedad del ambiente. El secado depende de la temperatura y la humedad relativa del ambiente. Al secarse por debajo del 30 % de contenido de humedad se nota la contracción de la madera debido a su estructura anatómica. La madera es un material anisotrópico y se contrae en diferentes formas según las orientaciones dentro del árbol. La adición de agua u otros líquidos polares en la sustancia de la pared celular causa que las microfibrillas se expandan en proporción a la cantidad de líquido que se añade. Esto continúa hasta que alcance el punto de saturación de la fibra. La eliminación de humedad en la pared celular por debajo del punto de saturación de la fibra causa la contracción de la pared celular (SOLANO, 1998).

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

densidad tienen mayor contracción que las de menor densidad. Cuanto mayor es la diferencia en la contracción radial y tangencial, significa que la distorsión será mayor en el secado eventualmente, la madera llega a estabilizar sus dimensiones con un equilibrio de 12 % de contenido de humedad. La contracción tangencial es mayor que la contracción radial, una de las razones, es el efecto restrictivo de las células horizontales de los rayos medulares. Cabe resaltar que en la mayoría de las especies la contracción radial es sólo un 50 % del valor de la contracción tangencial. Proporcionalmente como un promedio de todas las especies, la contracción en las tres direcciones principales (tangencial, radial, longitudinal) tiene una razón de 100:50:1 aproximadamente (DÍAZ, 2005).

La contracción de la madera es proporcional a la pérdida de humedad por debajo del PSF y por cada 1 % de pérdida de humedad, la madera se contrae aproximadamente en 1/30. De modo que una madera seca al 15 % de humedad (seca al aire) ha alcanzado la mitad de la contracción posible y cuando se seque al horno hasta el 6 % o peso seco constante, llegara a 4/5 partes de la contracción total posible (GONZÁLEZ, 1996).

Kollmann (1959), citado por GALLO (2010) señala que la variación y expansión de la madera son los cambios dimensionales, tanto en el sentido radial, tangencial y longitudinal, que sufre la madera como consecuencia de la variación de su contenido de humedad, por debajo del PSF. La relación de la contracción tangencial y radial es un índice de

la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Existe además, una relación entre los coeficientes de contracción en dirección tangencial y radial (R_t/r). Cuanto más coincidentes sean las contracciones radial y tangencial, menos tensiones se producen en la madera y más estabilidad tendrá. Por lo que, maderas con relación entre coeficientes $R_t/r > 2$ presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería (VIGNOTE, 2000).

ANANÍAS (2002), manifiesta que los cambios dimensionales normales de la madera son de magnitud diferentes en las direcciones tangenciales, radiales y longitudinales. La contracción tangencial es 1,5 a 3 veces mayor que la contracción radial y la contracción longitudinal es normalmente despreciable en la madera. Las diferencias entre contracción tangencial y radial son debidas por una parte al potencial favorecimiento de la contracción en el sentido tangencial que hacen las bandas de madera de verano, particularmente en coníferas, y por otra a la restricción a los cambios dimensionales que ejercen los radios leñosos en la dirección radial de la madera. La limitada contracción longitudinal es debida a la orientación longitudinal de los principales tejidos constituyentes de la madera. Ciertos defectos que ocurren durante el secado de la madera son ocasionados por las diferencias de contracción tangencial y radial, particularmente el defecto denominado acanaladura. Mientras mayor es la relación C_{tg}/C_{rd} las maderas

son más acanaladas. Igualmente la contracción longitudinal excesiva puede ocasionar los defectos denominados encorvadura y arqueadura.

2.1.3.2. Higroscopicidad

Según SALAS (2005), la madera es un material higroscópico (tiene apetencia por el agua) y va perdiendo o ganando agua en función de la temperatura y humedad relativa del ambiente en que se encuentre, hasta que alcanza una situación de equilibrio en su entorno.

El equilibrio higroscópico corresponde al equilibrio entre las presiones parciales de vapor de aire del ambiente y del producto húmedo. Para la mayoría de las especies el equilibrio higroscópico está entre el 12 % y el 18 % de contenido de humedad dependiendo del lugar donde se realiza el secado. En el secado natural, solo puede alcanzarse como resultado final del contenido de humedad de la madera, en equilibrio con las condiciones climáticas del lugar.

En cuanto a las curvas de equilibrio higroscópico, éstas establecen la variación de la humedad de equilibrio higroscópico (HEH) con la variación de las características higrótérmicas del medio.

Se sabe que la madera es más sensible a los cambios de humedad relativa que a los cambios de temperatura, esto es, en la variación de la humedad de equilibrio higroscópicos (HEH) va a tener más peso la humedad relativa que la temperatura (MORALES, 2004).

2.1.3.3. Humedad relativa y la humedad de la madera

La humedad relativa del aire influye directamente a la humedad de la madera, si la humedad relativa del aire aumenta, entonces aumenta la humedad de la madera de igual forma se presenta esa influencia de manera inversa. Siempre y cuando la temperatura sea constante y el proceso se lleva a cabo en un sistema cerrado (MORALES, 2004).

La madera es un material higroscópico que reacciona siguiendo los leyes que rigen para los cuerpos porosos por lo tanto, en contacto con un ambiente determinado ésta absorberá o perderá humedad, hasta tanto no exista igualdad entre las presiones parciales en vapor de aire circundante y el cuerpo húmedo de lo contrario se dará una transferencia de humedad de la madera al medio o viceversa. La magnitud de esta transferencia depende de la Humedad relativa del aire. Para un cuerpo saturado de agua, la transformación será nula si la Humedad relativa es igual al 100 % y máxima cuando la Humedad relativa es 0 %, mientras que si el cuerpo poroso está seco la absorción de humedad será máxima si la Humedad relativa es 100 % y nula si la Humedad relativa es 0 % cuando una pieza de madera se deja cierto tiempo bajo condiciones de temperatura y Humedad relativa constante se establece un equilibrio entre la presión de vapor de agua y del aire y la que existe en el interior de la pieza de madera (MORALES, 2004).

2.1.3.4. Contenido de humedad de equilibrio (CHE)

INTA (2001) indica que la madera, al ser un material higroscópico tiene la capacidad de absorber o ceder humedad del ambiente que la rodea, hasta que la cantidad de agua en la madera este en equilibrio con las condiciones ambientales.

Cuando una pieza de madera se deja suficiente tiempo en un ambiente cuya característica de temperatura y humedad relativa permanecen constante, se establece un equilibrio entre la presión parcial del vapor de agua en el aire y la que existe en el interior de la pieza de madera. Cuando este equilibrio es alcanzado, la humedad de la madera no varía más y se dice que ha llegado al "Contenido de Humedad de Equilibrio" (CHE) o Humedad límite. Este contenido de humedad permanecerá constantes mientras las características del aire que rodean a la madera no cambian (MORALES, 2004).

Es importante señalar que este equilibrio se alcanza instantáneamente y el tiempo implicado depende de varios factores, tales como la densidad de la madera, el espesor, cantidad y calidad de las sustancias extractivas presentes, la humedad inicial, etc. Los valores de la humedad de equilibrio de la madera se han determinado en función de las características del aire que la rodean, a presión atmosférica constante se pueden hacer variar los parámetros humedad relativa y temperatura del aire y a partir de ellos establecer los valores de la humedad de equilibrio de la madera correspondiente a cada condición dada (MORALES, 2004).

2.1.3.5. Punto de saturación de las fibras (PSF)

Según MORALES (2004), el PSF representa el porcentaje de humedad de la madera cuando se ha alcanzado la máxima hinchazón; si disminuye la humedad también lo hará el volumen, pero si aquella aumenta, el volumen permanece prácticamente constante. Las variaciones de volumen expuestas no son suficientes, en general, para darse cuenta de la complejidad de los fenómenos que intervienen en el movimiento de la madera y que tienen como resultado las variaciones lineales de sus tres dimensiones: axial, tangencial y radial, con contracciones muy diferentes para cada una, como consecuencia de ser la madera un material anisótropo.

2.1.3.6. Densidad y contenido de humedad

ANANÍAS (2002) afirma que la densidad es la relación entre la masa (m) de una pieza de madera con su volumen (v) y se la expresa en gramos por centímetro cúbico. INTA (2001) menciona que la densidad depende, como es lógico de su contenido de agua. Se puede hablar de una densidad absoluta y de una densidad aparente. La densidad absoluta viene determinada por la celulosa y sus derivados. Su valor oscila alrededor de 1550 kg/m^3 , apenas varía de unas maderas a otras. La densidad aparente viene determinada por los poros que tiene la madera, ya que dependiendo de si están más o menos carentes de agua crece o disminuye la densidad. Depende pues del grado de humedad, de la época de apeo, de la zona vegetal, etc. La

madera es un material blando cuya dureza es proporcional al cuadrado de la densidad, decayendo en proporción inversa con el grado de humedad.

El contenido de humedad según ANANÍAS (2002), es la cantidad de agua presente en la madera; se expresa como porcentaje del peso de la madera seca o anhidra y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CH(\%) = \frac{P_i - P_o}{P_o} \times 100$$

Donde:

CH= contenido de humedad (%)

Pi= peso inicial (g)

Po= peso en estado Anhidro (g)

INTA (2001) indica que el agua en la madera está presente en varias formas; agua libre que se ubica en los lúmenes o espacios de las células, agua ligada que está en la pared celular, agua de constitución que forma parte de la estructura química y agua en forma de vapor. Es la cantidad de agua con respecto a la cantidad de sustancia leñosa (exclusivamente pared celular). El contenido de humedad, generalmente, es referido como porcentaje del peso seco o anhidro, pero en algunos casos se refiere a la base húmeda. El contenido de humedad depende de la relación albura duramen, madera juvenil madera adulta, relación madera primavera verano y densidad. La albura tiene más humedad que el duramen. Si la humedad inicial es de 100 %, significa que de 100 kg de madera 50 kg son de agua y 50 kg son de leño.

Si la humedad inicial es de 150 %, significa que de 100 kg de madera es 60 kg de agua y 40 kg son de leño.

2.1.3.7. Curvas de secado

Según ANANIAS (2002), las curvas de secado representan la variación de la humedad de la madera con el tiempo de secado o la velocidad de evaporación con el tiempo de secado. Asimismo el autor indica que en ambos casos se observan dos fases o etapas características del proceso de secado: a) fase de velocidad de secado constante, b) fase de velocidad de secado decreciente. La etapa de velocidad de secado constante, se presenta al inicio del secado cuando la superficie de la madera se encuentra completamente húmeda. En el secado a partir del estado verde la superficie de la madera está cubierta de una delgada película de agua líquida y la evaporación se mantiene a una velocidad constante, esta etapa es más larga en maderas de menor espesor y de mayor permeabilidad y es muy corta en maderas de mayor grosor y es casi imperceptible en maderas previamente secadas o presecada. En la fase de velocidad de secado decreciente se observan dos sub-etapas: 1) etapa de secado con la superficie parcialmente cubierta de agua líquida, periodo que se produce cuando aparecen los primeros sectores de la superficie seca, esta sub-etapa puede ser también bastante corta o prolongarse hasta alrededor del punto de saturación de las fibras. 2) sub-etapa de secado por debajo del punto de saturación de las fibras, este periodo es gobernado por el movimiento interno de humedad, y en

maderas refractarias de difícil secado puede representar prácticamente toda la curva de secado.

2.2. Secado al natural ó al aire libre de la madera

De acuerdo con INTA (2001), el secado natural consiste en estacionar madera verde en un lugar abierto un determinado periodo de tiempo, durante el cual la madera entrega humedad a la atmósfera y tiende a llegar al punto de equilibrio higroscópico con el ambiente, pues algunas veces, el objetivo es bajar el contenido de humedad de la madera a su nivel de equilibrio con las condiciones climáticas, y en otras puede ser secar la madera lo suficiente como para permitir un transporte más económico, o como pre secado para posteriores procesos de secado. En todos los casos, la intención es secar la madera aserrada en el tiempo más breve posible y con el mínimo deterioro.

Los factores que influyen en un buen proceso de secado al natural según INTA (2001) son:

- Contar con un lugar adecuado (patio o cancha) para exponer la madera al aire libre pero protegido directamente de los rayos solares.
- El apilado, debe ser efectuado de tal modo, que el aire circule alrededor de cada una de las piezas de madera.

2.2.1. Apilado de madera aserrada en secado natural

En cuanto al apilado de la madera RUEDA (2007) menciona que mejor método de apilar o encastillar madera para un secado rápido, con el mínimo de agrietamiento y torcimiento, es el apilado plano. Sin embargo, el autor añade que las maderas que secan con facilidad y no se agrietan ni tuercen mucho, se pueden apilar en forma más sencilla por el método "en caballete o V invertida", "apilado en pie" y "apilado en triángulo o rectángulo".

2.2.1.1. Apilado en triángulo

Según RUEDA (2007), se utiliza especialmente para tablonos y no requiere de viguetas o separadores para permitir la circulación del aire ya que el espacio se logra a través del entrecruzamiento de los extremos de las tablas. Es conveniente protegerlos de la lluvia y de la incidencia directa del sol a través de una cubierta o techo.

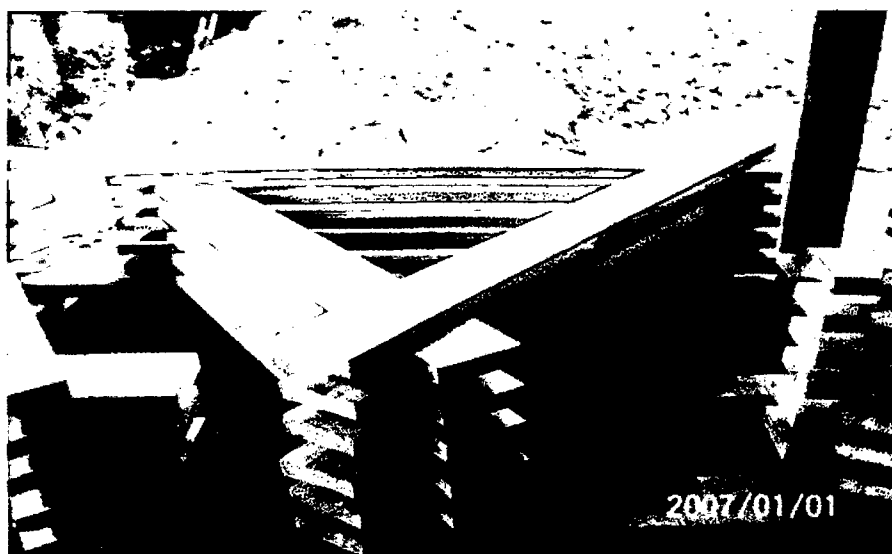


Figura 1. Apilado en técnica de triángulo (Fuente: Elaboración Propia).

2.2.1.2. Apilado con caballete

RUEDA (2007) sostiene que esta técnica es utilizada en especies que tienen alto contenido de humedad inicial (>100 %), alcanzado el contenido de humedad del punto de saturación de las fibras entre los 20 - 35 días, y que no son susceptibles a sufrir deformaciones inmediatamente después del aserrado. Las piezas de madera se colocan de canto sobre un travesaño o caballete y se apoya sobre uno de los extremos, permitiendo una velocidad de secado rápida en la parte superior de las viguetas.

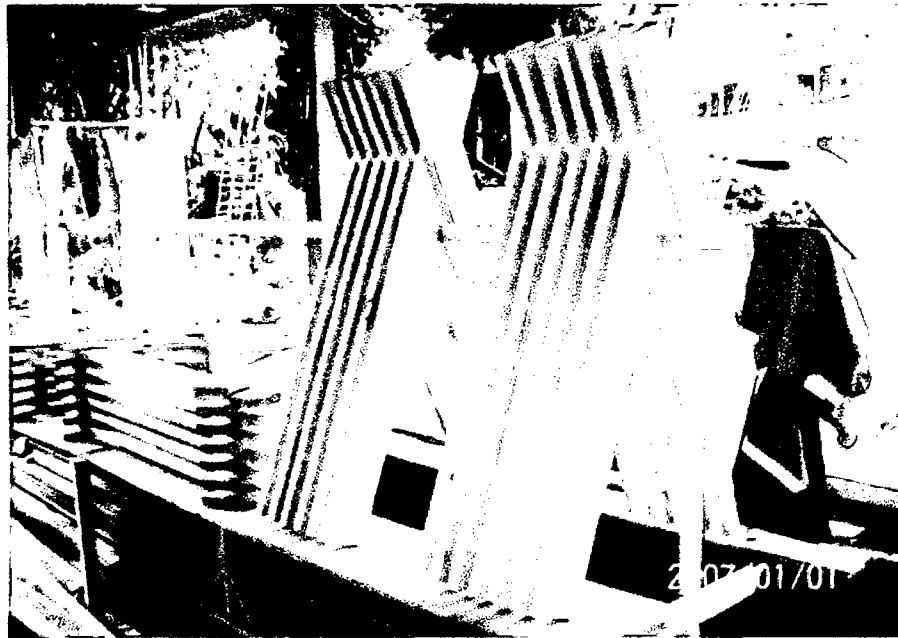


Figura 2. Apilado en técnica de caballete (Fuente: Elaboración Propia).

Respecto a las formas de apilado TROYA *et al.*, (2000) reporta que después de evaluar durante cinco meses, defectos de secado: abarquillados, combados, torceduras, rajaduras y grietas superficiales; así como también el contenido de equilibrio de humedad en las maderas de *Triplaris cumingiana* y

Cordia alliodora en los métodos de apilamiento en caballetes y cuadrados horizontales, en el secado de tablas de tres secciones del árbol (basal, media y terminal), no existieron diferencias significativas entre los métodos de apilamiento ni entre las secciones del árbol. Se determinó que es suficiente con 90 días de secado a la intemperie para que la madera de ambas especies alcance el contenido de humedad de equilibrio.

Si se considera las condiciones climáticas del sitio donde se llevó a cabo el ensayo, se deduce que la humedad relativa promedio (84 %) de los meses en que se realizó el experimento, fue probablemente uno de los factores determinantes para que sea relativamente largo el tiempo (90 días) para que *Triplaris cumingiana* y *Cordia alliodora* bajen su alto contenido de humedad hasta alcanzar un contenido de humedad de equilibrio (CH: 18-19 %) (TROYA *et al.*, 2000).

2.2.2. Influencia en la madera de los factores internos y externos

Pashin y De Zeeuw (1980), citado por BÁRCENAS y DÁVALOS (1999), han podido establecer que la variabilidad de la madera está influenciada por diversos factores internos tales como, cambios en el cambium con respecto a la edad, herencia genética que influye en la forma y crecimiento de los árboles. Tuset (1979), citado por GALLO (2010), agrega que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

BRAVO (1993), agrega que la calidad de la madera debe incluirse al establecer la aptitud de uso de la madera.

En cuanto al factor interno herencia genética, ARROYO (1983) menciona que todavía no se ha establecido el efecto que produce en la variabilidad de las propiedades de la madera. La variabilidad como resultante de factores externos o condiciones de crecimiento ha sido investigada pero aun no se ha llegado a conclusiones uniformes en cuanto a que propiedades son las más afectadas o cual de los factores es el que más influye, pero puede decir que en cuanto a tratamientos silviculturales, este ha demostrado tener mayor efecto sobre algunas propiedades de la madera, mediante la manipulación del distanciamiento de plantación e incidencia de luz, estimulación del crecimiento con fertilizantes, disponibilidad de agua y ubicación geográfica.

2.2.3. Factores que inciden en el secado de la madera

2.2.3.1. Influencia de la estructura anatómica

Según SOLANO (1998), considerando que las células son alargadas y en su mayoría dispuestas en el sentido paralelo al eje del árbol, comunicadas entre sí por punteaduras y perforaciones se deduce que el movimiento del agua dentro de la madera y de allí a la superficie se efectúa con mayor facilidad en dirección longitudinal. Teniendo en cuenta los tres diferentes planos, determinados por el eje del árbol, los radios leñosos y los anillos de crecimiento, se ha establecido que la madera en el sentido longitudinal se seca

en promedio tres veces más rápido que en el sentido radial y dos veces más que en el sentido tangencial. El tamaño de las células, los contenidos que posean y la proporción de cada una de ellas en el leño tienen también influencia en el secado.

2.2.3.2. La higroscopicidad

SOLANO (1998) manifiesta que la higroscopicidad, es la característica que tienen los cuerpos porosos, entre ellos la madera de perder o ganar humedad de acuerdo al medio ambiente donde se encuentra. Esta propiedad tiene gran influencia en el secado ya que mediante ella se logra que la madera pierda humedad, cambiando las condiciones climáticas del sitio donde se encuentre, (horno de secado). En un clima cualquiera la madera adquiere un contenido de humedad determinado que se conoce como CHE.

2.2.3.3. La anisotropía

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

pudiendo decirse que la tangencial fluctúa entre 3,5 % a 15 %, la radial varía entre 2,4 % a 11 % y la longitudinal varía entre 0,1 % a 0,9 %. La relación entre la contracción tangencial y la contracción radial es el coeficiente de estabilidad dimensional (CED). Si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efectos del secado serían despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución desigual de dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumentan las pérdidas de madera durante el proceso de secado. El valor del CED incide directamente sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto CED. La contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas, rajaduras y deformaciones si el secado es muy rápido.

2.3. Propiedades Físicas

2.3.1. Higroscopicidad

La madera es un material higroscópico (tiene apetencia por el agua) y va perdiendo o ganando agua en función de la temperatura y humedad relativa del ambiente en que se encuentre, hasta que alcanza una situación de equilibrio en su entorno.

2.3.2. Contenido de Humedad (CH)

Pérez (1983), citado por GALLO (2010) y CUEVAS (2003), afirman que en un árbol recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate. Las maderas livianas por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas. De igual manera, la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un mayor contenido de humedad que el duramen. Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo. El peso anhidro es el peso que se obtiene cuando se coloca la madera en una estufa a 100 ó 102 °C, hasta que se obtiene un peso constante. Cuando el CH es modificado, existirán variaciones dimensionales, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera. El CH influye en la capacidad mecánica, es decir a menor CH bajo el punto de saturación de las fibras (PSF, que corresponde a la eliminación total del agua libre del interior de las células y las paredes celulares permanecen saturadas, 28-30 % de CH), en general aumenta la capacidad mecánica, es decir se incrementa la resistencia de la madera, y a partir del PSF, un aumento en el CH no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

Los modelos existentes para determinar el CH son los métodos de pesada, destilación y el empleo de medidores eléctricos. El método de secado en estufa o pesada, es el más exacto y confiable, excepto cuando se emplea

algunas maderas que contienen un porcentaje de sustancias volátiles, ya que en este caso se debe utilizar otro proceso. Este método tiene desventajas, puesto que es destructivo, teniendo que cortar la madera que se desea estudiar y la obtención de resultados no es inmediata, porque el tiempo mínimo requerido dependerá de la evaporación total de humedad de la madera (DÍAZ, 2005).

Grigoriev (1985), citado por GALLO (2010), manifiesta que el CH tiene importancia en la utilización de la madera, ya que influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductibilidad térmica y acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad. La madera está constituida por los elementos anatómicos, cuyas paredes están formadas por un material absorbente, contiene agua bajo tres formas: como agua libre llenando la cavidad celular; como agua higroscópica, infiltrada en las paredes celulares y como agua de constitución, formando parte integral de la estructura molecular. El estado de la madera cuando se ha evaporado toda el agua libre y comienza a perder el agua higroscópica, se conoce como el punto de saturación de las fibras. El contenido de humedad de la madera por debajo de este estado influye en forma significativa en las propiedades físicas y mecánicas. La determinación del contenido de humedad en la madera se hace teniendo en cuenta sólo los valores del agua libre y de saturación, es decir que comercialmente la madera estará seca o anhidra al 6 % de humedad, que es el valor del agua de constitución química.

Según HERMINIO (2003), el agua en la madera es una de los factores más importantes en la industrialización de ésta, ya que afecta básicamente a la mayoría de los procesos de transformación. Es por esto, que es necesario mantener una diferencia de contenido de humedad homogéneo entre las capas internas de la madera y superficie de la misma. Si en la madera no ocurre esto, se originan en la superficie de la madera tensiones de compresión y en las capas internas de la madera tensiones de tracción. Esta diferencia de humedad entre las capas internas y externas de la madera, es originada por una ejecución de un ciclo de secado en forma rápida. El resultado que trae esto, se pone de manifiesto, cuando una pieza de madera es reaserrada o cepillada, produciéndose en el momento de corte, la deformación de las piezas resultantes. Es importante también, cumplir con los contenidos de humedad finales debido al uso que tendrá la madera, en su lugar de servicio. Y además, por el peligro que trae transportar la madera con un alto contenido de humedad, ya que se corre el riesgo de que se desarrolle algún tipo de microorganismo destructor de la madera.

El agua contenida en la madera se encuentra bajo diferentes formas (agua libre, agua de saturación y agua de constitución), tal como se describe a continuación.

2.3.2.1. Agua libre o capilar

Es la parte del agua presente en la madera que se encuentra rellenando el interior de los lúmenes celulares. Su presencia se da cuando el

CH es superior al 30%. Es la que da a la madera su condición de "verde" y es la que ocupa las cavidades celulares. La cantidad de agua libre que puede contener una madera está limitada por su volumen de poros. Al comenzar el proceso de secado, el agua libre se va perdiendo por evaporación. Este proceso se produce fácilmente, ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo. Al llegar a este punto, la madera estará en lo que se denomina "punto de saturación de las fibras", que corresponde a un contenido de humedad variable entre el 21 y 32 %. Cuando la madera ha alcanzado esta condición, sus paredes celulares están completamente saturadas de agua y sus cavidades vacías. Durante esta fase de secado, la madera no experimenta cambios dimensionales, ni alteraciones en sus propiedades mecánicas. Por tal razón, el punto de saturación de las fibras es muy importante desde el punto de vista físico-mecánico (ÁLVAREZ y FERNÁNDEZ, 1992).

2.3.2.2. Agua ligada o de impregnación

Es el agua que impregna las paredes celulares, rellenando los espacios microscópicos y submicroscópicos de la pared celular (ÁLVAREZ y FERNÁNDEZ, 1992).

2.3.2.3. Agua de constitución química

Forma parte de la materia orgánica, no puede eliminarse por el secado y su separación de la madera implica la destrucción, lo que se consigue por el fuego (GONZALES, 1996).

Cuadro 1. Denominación de la madera en función al contenido de humedad.

Denominación del estado de la madera	Nivel de humedad (%)	Lugar de ubicación
Madera verde	80 a 200	Bajo cubierta en el bosque
Madera húmeda	25 a 80	Recién cortada, en patio de trozas
Madera poco seca	20 a 25	Aire libre
Madera seca al aire	15 a 20	Bajo techo
Madera muy seca	8 a 15	Interiores
Madera anhidra	0	En laboratorio

Fuente: Grigoriev (1985), citado por GALLO (2010).

La madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta, la región de procedencia, la especie forestal, la edad del árbol, entre otros factores. En general, las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las maderas pesadas. La albura, formada por células cuya principal función es la conducción de sustancias nutritivas en solución acuosa, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen, tejido compuesto por células con acumulación de sustancias infiltradas en las cavidades celulares (JUNAC, 1984).

En las especies frondosas la humedad de la albura no varía y la humedad del duramen disminuye por el tronco hacia arriba. En los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos. El contenido de agua en el árbol varía según la altura y el radio del tronco, así como de la temporada del año Kollmann (1959), citado por GALLO (2010).

2.3.3. Densidad

Es la relación entre la masa (m) de una pieza de madera con su volumen (v) y se la expresa en gramos por centímetro cúbico.

$$D = \frac{m}{v}$$

ANANÍAS (2002), describe que la densidad de la madera expresa la relación entre la masa de los distintos tipos de elementos que forman la madera y el volumen que ellos ocupan. Como la madera es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la madera el volumen interno de espacios vacíos existentes. El contenido de humedad de la madera influye sobre la relación madera - volumen, es decir, es afectado el peso y las dimensiones de la madera. Por ello, se conocen distintos tipos de densidad, entre ellas destacan la densidad básica y la densidad de referencia. Además la densidad de la madera es un criterio usado para estimar las características de resistencia mecánica de la madera satisfactoriamente. Se emplea también como elemento de juicio para estimar la cantidad de material leñoso de una especie. Se puede usar como estimador de la facilidad con que se deja trabajar la madera (cortar, cepillar, moldurar, etc.). Normalmente las maderas de mayor densidad presentan una mejor resistencia mecánica y una mayor cantidad de material leñoso, pero se dejan trabajar y tratar con mayor dificultad.

2.3.3.1. Densidad básica de la madera

Relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30 %. La densidad de un cuerpo es el coeficiente formado por masa y volumen. En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera. La densidad varía ampliamente entre diferentes especies y tipos de madera (COORPORACION CHILENA DE LA MADERA, 2003).

Cuando la madera está seca, su densidad indica la cantidad aproximada de espacios libres (cavidades celulares) disponibles para contener líquidos, en consecuencia, cuando mayor es la amplitud de estas cavidades celulares (lúmenes) menor será su densidad y mayor la absorción que pueda lograrse en la madera (AROSTEGUI, 1982).

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

GRUPO	RANGO	CLASIFICACIÓN
I	Menos de 0.30	Muy baja (MB)
II	De 0.31 a 0.40	Baja (B)
III	De 0.41 a 0.60	Media (M)
IV	De 0.61 a 0.80	Alta (A)
V	Más de 0.81	Muy alta (MA)

Fuente: VIZCARRA (1998).

Grupo IV: Las características tecnológicas más importantes en las maderas de este grupo 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), recubrimiento de exteriores, pisos y parquet (AROSTEGUI, 1982).

2.3.3.2. Contenido de humedad en base seca

Es la cantidad de agua presente en la madera; se expresa como porcentaje del peso de la madera seca o anhidra y se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$CH (\%) = \left(\frac{P_i - P_o}{P_o} \right) \times 100$$

Donde:

CH= contenido de humedad (%)

Pi= peso inicial (g)

Po= peso en estado Anhidro (g)

2.3.4. Contracción de la madera

HERMINIO (2003) describe que la contracción normal es la disminución de dimensiones que sufre la madera al perder humedad bajo el

punto de saturación de las fibras, expresada como porcentaje de la dimensión de la madera al estado verde. Las contracciones de la madera pueden suceder sobre el punto de saturación de las fibras cuando están referidas al colapso. Sin embargo, su evidencia principal se da cuando el contenido de humedad está bajo el punto de saturación de las fibras. Se puede observar una deformación armónica, es decir, paralela a las caras de la pieza en secado y que permite al final del proceso, obtener piezas contraídas pero sin alteraciones o desclasificaciones. En tanto, por defecto del corte de la madera o por tensiones de crecimiento, se puede tener madera que durante el secado evidencian deformaciones anormales sobre y bajo el punto de saturación de las fibras.

Cuadro 3. Clasificación según relación de contracción tangencial y radial.

GRUPO	RANGO (T/R)	CLASIFICACION	ESTABILIDAD
1	Menor de 1,5	Muy baja (MB)	Muy estable (ME)
2	De 1,5 a 2,0	Baja (B)	Estable (E)
3	De 2,0 a 2,5	Mediana (M)	Mod. Estable (M)
4	De 2,5 a 3,0	Alta (A)	Inestable (I)
5	Mayor de 3.5	Muy alta (MA)	Muy inestable (MI)

Fuente: VIZCARRA (1998).

La contracción corrientemente se estudia en tres modalidades: radial, tangencial y volumétrica; la relación tangencial-radial permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado (JUNAC 1984).

La magnitud de la contracción varía según las características de la especie, las secciones y la orientación anatómica del corte. Se expresa como porcentaje de la dimensión original de la pieza de madera. Se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$C (\%) = \left(\frac{Dv - Do}{Dv} \right) \times 100$$

Donde:

C= contracción

Dv= dimensión en verde

Do= dimensión final a determinado contenido de humedad.

La contracción tangencial (Ctg), es paralela a los anillos de crecimiento y puede ser dos veces mayor que la contracción radial (Cr), que es perpendicular a los radios. Las maderas más pesadas se contraen en sentido tangencial, mientras que las livianas lo hacen en sentido radial.

No todas las partes de una pieza de madera alcanzan el PSF al mismo tiempo. Las capas superficiales al secarse, contraen hasta cierto grado y comprimen el interior de la madera, antes que ella haya llegado al PSF, produciendo defectos apreciables como el agrietamiento, endurecimiento superficial, y otros, fáciles de apreciar en la sección transversal de las piezas de madera.

La contracción de la madera es proporcional a la pérdida de humedad por debajo del PSF y por cada 1 % de pérdida de humedad, la madera se contrae aproximadamente 1/30. Para los fines prácticos, se puede considerar como hinchazón el reverso de la contracción, así por cada aumento de 1% de humedad, la pieza experimentará una hinchazón igual al 1/30 parte de la totalidad que pueda ocurrir, el agua libre no tiene ninguna influencia en estos cambios. (GONZALES, 1996), asimismo, las maderas pesadas se contraen más que las maderas livianas, por ser más densas. Por esta misma razón la contracción puede variar entre la madera de primavera, que es menos densa, y la madera de verano que es más densa, dentro de un anillo de crecimiento. (SALAS, 2005), De otro lado la reducción de dimensiones que experimentan las piezas de madera cuando pierden humedad, según la dirección que se considere es conocido como cambio dimensional o contracción longitudinal, radial o tangencial (JUNAC, 1984).

2.3.5. Variación de las propiedades físicas

Para Kollmann (1959), citado por GALLO (2010), la madera es un material anisotrópico, pues la magnitud de una propiedad física o mecánica varía en la dimensión en que se mida. Se explica por las características anatómicas, fundamentalmente por la distribución de las microfibrillas en la pared secundaria y la orientación de los radios. Así mismo.

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

- La cantidad de sustancias que contiene la pared celular, es cuantificada mediante el peso específico o densidad de la madera.
- La cantidad de agua presente en la pared celular. Afecta profundamente el comportamiento físico de la madera, no sólo porque la adición de agua en la pared celular cambia su densidad y dimensiones, sino también por su efecto sobre la plasticidad y transferencia de energía dentro de la pieza de madera.
- La proporción de los componentes primarios en la pared celular y a la cantidad y naturaleza de las sustancias extrañas. Es responsable de las desviaciones o variabilidades que presenta en su comportamiento cuantitativo.
- El arreglo y orientación de los materiales que forman las paredes celulares así como los tejidos, lo que es causa principal de la anisotropía de la madera.
- El tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que forman el tejido maderable.

INDECOPI (2004a), nos dice en relación a la densidad que es la razón entre el peso y el volumen de la madera a un determinado contenido de humedad, lo que se interpreta como un reflejo del volumen proporcional de la madera que es ocupado por la sustancia celular y con esto establece que la

presencia de extractivos pueden dar una ficticia densidad y llegar a resultados erróneos.

AROSTEGUI (1982), menciona que debemos tener en cuenta que en el momento de comparar pesos específicos se debe hacer que las muestras tengan el mismo contenido de humedad, Kollmann (1959), citado por GALLO (2010), agrega que para eso se ha establecido como puntos de comparación los valores fijos de 0% y 12% de humedad con la finalidad de obtener mejores comparaciones.

Tuset (1979), citado por GALLO (2010), agrega que las contracciones se presentan por debajo del punto de saturación de las fibras, por la pérdida de agua higroscópica.

En este sentido la humedad y la anisotropía para AROSTEGUI (1982), son los factores más importantes, los cuales también están afectados por las variaciones de las condiciones climáticas (humedad relativa y temperatura), lo que para Kollmann (1959), citado por GALLO (2010) dan origen a los cambios dimensionales, causando en algunos casos tensiones muy fuertes en la parte interna de la madera, originando defectos durante el secado, tales como grietas y deformaciones. Para determinar en cierta manera el comportamiento de los cambios, existe un índice de estabilidad de la madera el que está dado por la relación entre la contracción tangencial y radial (T/R).

2.4. Defectos y deformaciones de la madera en el secado

2.4.1. Defectos (grietas y rajaduras)

Se originan en general debido a un secado muy rápido, especialmente durante las primeras etapas o como consecuencia de un secado irregular a lo largo de una pieza de madera. Las grietas pueden ser superficiales, terminales o internas, pueden reducirse con un secado gradual, ya sea disminuyendo la velocidad del viento entre las pilas o manteniendo una alta humedad relativa.

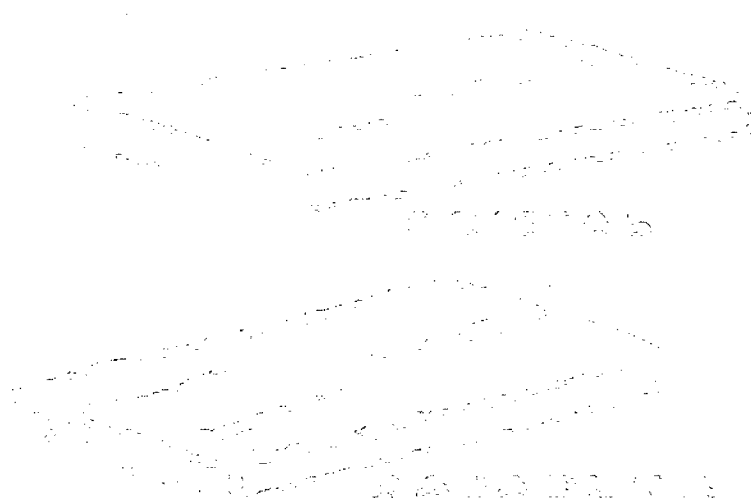


Figura 3. Tipos de defectos en el secado.

2.4.2. Deformaciones (alabeos)

Estas deformaciones se deben a tensiones internas que presenta el árbol, a un secado irregular o a un deficiente sistema de apilado. En este último caso, la deformación es causada por la contracción diferenciada de corte de la madera en las tres direcciones.

2.4.2.1. Abarquillado

Es la distancia o curvatura del eje transversal de una pieza de madera aserrada. Aquellas tablas aserradas en sentido tangencial a los anillos, se deforman más que en sentido radial. Las cortadas en la periferia de la trozas tienen menos distorsión que las obtenidas cerca de la medula. Entre mayor es el espesor, mayor es la tendencia al abarquillado. Si se hace un pre-secado al aire y se evitan los programas severos de secado, se puede reducir el abarquillado, pero la mejor forma de controlarlo es mediante un correcto apilado.

2.4.2.2. Arqueadura

Es el alabeo o curvatura a los largo de la cara de la pieza. Se asocia con una contracción longitudinal excesiva en la madera cercana a la medula juvenil, o madera de reacción, tanto por compresión en coníferas como de tracción en latifoliadas cuando los arboles han crecido en pendientes o torcidos. También cuando en la pieza aserrada existe grano inclinado. Se puede controlar en forma semejante que el abarquillado.

2.4.2.3. Encorvadura

Es el alabeo o curvatura a los largo del canto de la pieza de madera, se forma por las mismas causas que la arqueadura, pero es más difícil de controlar que está.

2.4.2.4. Torcedura

Es el alabeo que se presenta cuando la esquina de la pieza de madera no se encuentra en el mismo plano. Se presenta en madera con grano espiralado, ondulado, entrecruzado, desviado o distorsionado por nudos. También se puede controlar con un correcto apilado.

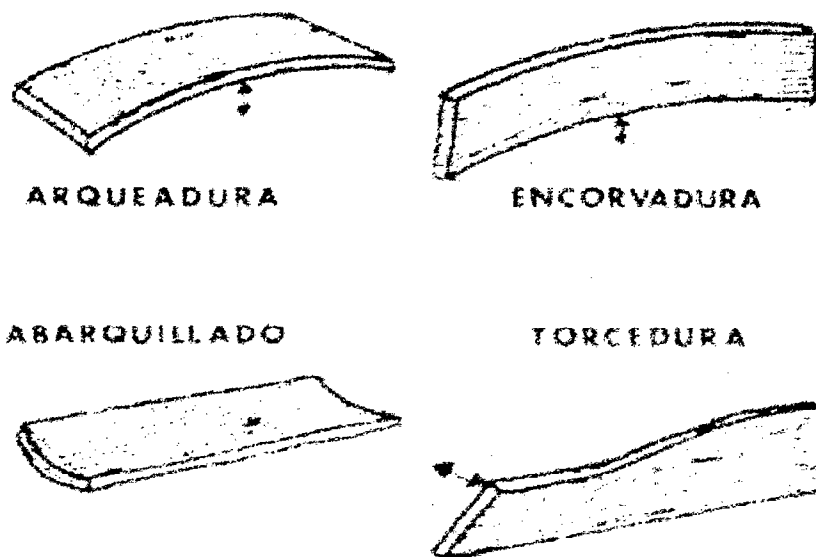


Figura 4. Tipos de deformaciones en el secado.

2.5. Características de la especie forestal *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. “Requia” (INIA-PROMPEX, 1998)

2.5.1. Distribución geográfica

Esta especie se encuentra en los departamentos de Amazonas, Cuzco, Huánuco, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali, entre 0 y 2000 msnm. La especie existe en regulares cantidades en la amazonia peruana.

2.5.2. Características del árbol

El árbol alcanza hasta 25 m de altura total y 90 cm de diámetro; tronco con pequeños aletones. Copa grande, densa proporcionalmente mayor en el tronco. La corteza superficial del tronco es áspera, de color gris pardo, con apariencia intermedia entre fisurada y agrietada; la corteza muerta se parte en pedazos pequeños que no se desprenden fácilmente. Corteza viva de color crema, con poco cambio de coloración al ser expuesta al aire; olorosa, de consistencia suave, no quebradiza.

2.5.3. Características de la madera

El tronco recién cortado presenta capas externas de madera (albura) de color blanco amarillento y las capas internas (duramen) de color castaño rosáceo, observándose entre ambas capas un gran contraste de color.

Olor : Distintivo y agradable.

Lustre o brillo : Medio.

Grano : Recto.

Textura : Media a fina.

Veteado o figura : Al corte tangencial se notan arcos superpuestos definidos por líneas vasculares y satinado por el brillo de los radios contrastados.

2.5.4. Características tecnológicas

- Propiedades físicas

Densidad básica : 0.60 gr/cm³

Contracción tangencial : 10.14 %

Contracción radial : 5.59 %

Contracción volumétrica : 14.90 %

Relación T/R : 1.81

2.5.5. Recomendaciones técnicas y utilidades

- La requia es una madera moderadamente pesada, que presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es estable.
- Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media a alta.
- La madera es de fácil aserrío, presenta resistencia mecánica de media a alta y buen comportamiento en la trabajabilidad del cepillado, torneado y moldurado.
- El secado natural es moderado, en el secado artificial se requiere tener cuidado con reducir los defectos con un programa adecuado.

- Presenta buena durabilidad natural, no es susceptible a los agentes biológicos.
- La madera se utiliza en chapas, pulpa y papel, construcción civil y carpintería en general, encofrados, embalaje y mueblería.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y extensión

3.1.1. Lugar de ejecución

Los ensayos experimentales se ejecutaron en la Unidad Académica Laboratorio Taller de aprovechamiento y Maquinaria Forestal y la Unidad Académica Laboratorio de Anatomía de la Madera de la facultad de Recursos Naturales Renovables (FRNR) perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

3.1.2. Zona de Vida

Según HOLDRIDGE (1987), de acuerdo a la clasificación de zonas de vida y el diagrama bioclimático. Tingo María se encuentra en la formación vegetal de Bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh-PST).

3.2. Materiales y equipo

3.2.1. Material biológico

Se empleó madera extraída de tres niveles del fuste: Base, Medio y Ápice, de la especie forestal *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, extraídos del terreno perteneciente al señor: Víctor Segura Córdova, ubicado en el caserío

de Shiringal, Sector Tulumayo, distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco.

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas cartográficas Este 390 995 Norte 8970521 y una altitud de 650 m s n m con una extensión de 17 ha. que corresponde a un bosque secundario de 20 años aproximadamente.

Posteriormente las muestras fueron trasladadas a la Unidad Académica Laboratorio Taller de aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la facultad de Recursos Naturales Renovables para obtener las probetas y finalmente las evaluaciones se realizaron en la mencionada área.

3.2.2. Materiales de campo

- Wincha de 50 m (Medición del árbol)
- Wincha de 5 m.
- Soga de 50 m.
- Cinta diamétrica
- Machetes
- Plumones indelebles o correctores.
- Libreta de apuntes.

3.2.3. Equipos de laboratorio

- Estufa eléctrica provista de termostato para mantener la temperatura entre 101 y 105 °C.
- Desecador de laboratorio, provisto de sustancia higroscópica.

- Balanza electrónica, con una precisión de 0.1 g. y con una capacidad de 500 g.
- Balanza digital con precisión de 0,01g. (cc 400g – TS)
- Vernier digital con precisión de 0,01 mm.

3.2.4. Equipos de campo y proceso de extracción de probetas

- GPS Garmin Modelo: GPS Map 60CSx
- Brújula
- Motosierra STIHL 070
- Sierra disco
- Garlopa eléctrica
- Cámara fotográfica

3.2.5. Material de escritorio y gabinete

- Computadora Pentium Core 2 Duo.
- Microsoft Office (Software de oficina)
- ArcGis 10 (Software SIG)
- InfoStat (Software estadístico)

3.3. Metodología

3.3.1. Ubicación y selección de la especie

Se realizó la identificación y ubicación de la especie en estudio para luego ser seleccionado de acuerdo a lo que estipula la norma técnica peruana (NTP)-PR-251.008, en la cual menciona que se selecciona 5 árboles y

a cada árbol seleccionado se le registraran las coordenadas correspondientes con el uso del GPS. Posteriormente se efectuó el registro de las características del árbol tales como diámetros, altura, calidad de fuste, etc. (INDECOPI, 2004a).



Figura 5. Ubicación de arboles para la posterior extracción.

3.3.2. Proceso de obtención de la madera

Luego de ubicar y seleccionar los árboles en estudio se procedió a la extracción y colección de los mismos, teniendo en cuenta la norma técnica peruana (NTP)-PR-251.008 (INDECOPI, 2004a), en la cual indica que las muestras de cada árbol se cortan en tres niveles de altura del fuste (bajo, medio y superior) (Figura 12). Para sacar las muestras se prosiguió con las siguientes actividades:

- **Apeo, corte o talado.** En este proceso se cortaron los árboles en estudio, utilizando una Motosierra y algunos materiales de campo como las sogas para darle una dirección de caída a los arboles, con el fin de evitar la destrucción de arboles o plantaciones agrícolas cercanas a los arboles que fueron talados.



Figura 6. Talado de los árboles para la presente investigación.

- **Trozado de los árboles.** Teniendo en cuenta la norma técnica peruana (NTP)-PR-251.008 (INDECOPI, 2004a), las muestras (cada árbol) se contaron en tres niveles de altura fustal que fueron: nivel bajo, medio y superior (Figura 11) con una longitud de 1.3 m; se codifico cada troza para diferenciar a que árbol y a qué nivel de fuste corresponde. Posteriormente se obtuvo de cada nivel de fuste trozas en los planos de corte radial y tangencial.



Figura 7. Trozado de árboles para la presente investigación.

- **Transporte de las trozas.** Es la fase en la que las trozas que se obtuvieron fueron llevados a la Unidad Académica Laboratorio Taller de aprovechamiento y Maquinaria Forestal con la ayuda de una camioneta.



Figura 8. Transporte de trozas.

- **Aserrado.** En esta fase se procedió a usar la sierra circular para aserrar las trozas obtenidas en forma longitudinal, con la finalidad de obtener bloques o tablonés para que fueron utilizados en el secado natural de las formas propuestas como apilado en caballete y triangular. En esta etapa también se seleccionaron los tablonés de forma, tales como problemas fitosanitarios y/o defectos de aserrado.



Figura 9. Aserrado de trozas en sierra circular.

- **Obtención de probetas o viguetas.** En esta operación se obtuvieron las probetas o tablas o viguetas con dimensiones de 2.54 cm. x 10 cm. x 120 cm. por cada troza y en las respectivas orientaciones tangencial y radial por nivel del fuste. Cada probeta fue codificada cuidadosamente para luego ser llevadas al lugar donde se realizó el proceso de secado natural.



Figura 10. Probetas obtenidas luego del aserrado en la sierra circular.

3.3.3. Acondicionamiento de las probetas

Luego de haber obtenido las probetas, se procedió a colocarlas en un ambiente respectivo teniendo en cuenta una buena disposición entre probetas, con el fin de obtener un adecuado y uniforme secado natural. Para ellos se determinó proceder con los siguientes pasos:

3.3.3.1. Apilado

Para realizar un correcto secado natural es indispensable realizar un buen apilado de la madera verde con la finalidad de permitir la circulación del aire y evitar defectos en la madera tales como grietas, rajaduras, torceduras, entre otros, para ello se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Colocar la madera sobre una base de pilones entre 40 a 45 cm. del piso como mínimo, a fin de facilitar la circulación del aire y evitar el contacto directo con el suelo que permita la infestación de xilófagos como hongos e insectos.
- El apilado fue manual
- Los caballetes que se emplearon para la separación de la madera se tomo en consideración que se encuentren secos, libre de hongos y deformaciones.

3.3.3.2. Apilado de las probetas según las normas técnicas.

Para evitar el sesgo, las posiciones de las probetas en cada método de apilado triángulo o caballete para la prueba de secado natural fueron colocadas de una forma completamente al azar. De esta manera se evito generar preferencias de algunas de las formas de apilado.

3.3.4. Determinación de las propiedades físicas de la madera

Para determinar las propiedades físicas la especie forestal *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, se empleó una estufa a temperatura de 103 ± 105 °C. de acuerdo a la norma ASTM D2017-71 que establece:

- Las probetas de la madera que se utilizaron en los ensayos de laboratorio se obtuvieron de trozas de 1.3 metros de longitud y 40 cm. a más de diámetro, provenientes de 5 árboles de la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer,

extraídos del terreno perteneciente al señor: Víctor Segura Córdova. Ubicado en el caserío de Shiringal, sector Tulumayo, distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco.

- De cada árbol se extrajeron un promedio de 3 trozas, principalmente una próxima a la base, otra del centro y finalmente de la parte más alta, teniendo cuidado en cada caso de escoger la mejor parte del tronco (Figura 11).
- Las piezas se cortaron en las mismas dimensiones para cada grupo, obteniendo piezas o muestras de 2.5 x 10 x 120 cm. convenientemente orientadas.

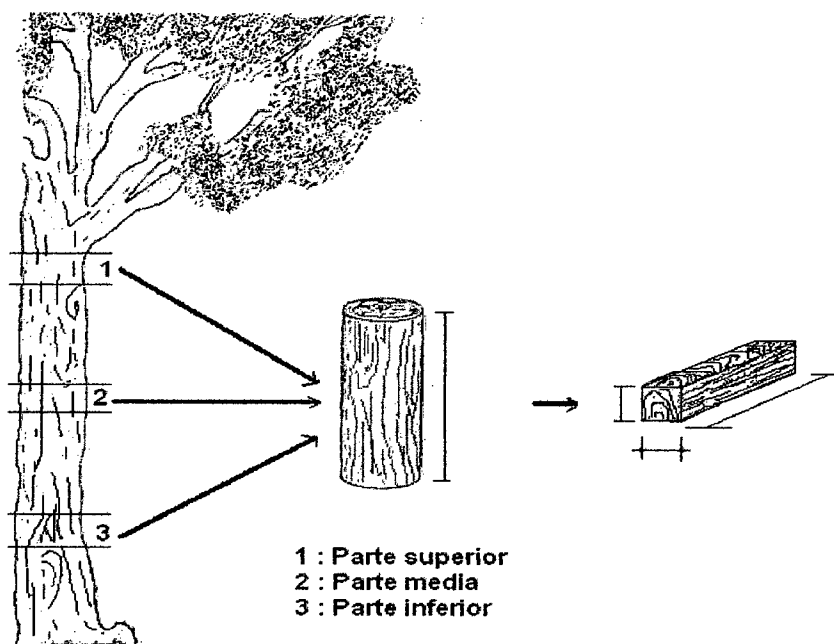


Figura 11. Metodología de obtención de las trozas por nivel de fuste.

3.3.4.1. Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad se determinó de acuerdo a los procedimientos de la Norma Técnica Peruana NTP.251.010. Una vez obtenida las probetas se pesaron con el fin de obtener el peso húmedo y luego se colocaron en la estufa. Seguidamente se aplicó el calentamiento gradual por día 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C. y finalmente a 103 °C., hasta obtener un peso constante (peso seco al horno, seguidamente se retiró las probetas de la estufa, para dejar enfriar por medio de un desecador por espacio de 10 minutos, posteriormente se registraron su respectivo peso para el análisis de los resultados del peso seco al horno (PSH) (INDECOPI, 2004b).

$$CH = \frac{PH - PSH}{PSH} \times 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad (%)

PH = Peso húmedo de la muestra (g)

PSH = Peso seco al horno (g)

100 = Factor de conversión de porcentaje

3.3.4.2. Determinación del cambio dimensional de las muestras

Para determinar la variación de contracción o los cambios dimensionales en los planos de corte tangencial (T) y la radial (R) de las

probetas de la madera se procedió de acuerdo a las consideraciones descritas por la Norma Técnica Peruana NTP.251.012 (INDECOPI, 2004c).

Cálculo para la contracción tangencial total (CTt)

$$CTt = \frac{Dth - Dtsh}{Dth} \times 100$$

Cálculo para la contracción radial total (CRt).

$$CRt = \frac{Drh - Drsh}{Drh} \times 100$$

Cálculo para determinar la relación T/R

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

Dónde:

- Dth, = Dimensión tangencial de la probeta húmeda
- Drh = Dimensión radial de la probeta húmeda
- Dtsh = Dimensión tangencial de la probeta seca al natural
- Drsh = Dimensión radial de la probeta seca al natural

3.3.4.3. Evaluación de secado

Desde que se inicio con la etapa de aprovechamiento (tumbado y habilitado) del primer árbol hasta el último árbol, se pesaron en forma diaria las probetas y con los valores del peso seco se convirtieron a contenido de

humedad diario con el cual se comenzó a diseñar la curva de secado al natural hasta que llegar a peso constante.

3.3.4.4. Evaluación de defectos y deformaciones

La evaluación de los defectos se realizaron de acuerdo a la metodología propuesta por AROSTEGUI (1970), en la cual el autor explica que se procede en la inspección visual y con medición directa de los efectos de secado, las cuales básicamente son grietas y rajaduras, y deformaciones tales como: arqueaduras, encorvaduras, revirados y torceduras. Las clases consideradas fueron:

Grupo A: Maderas que secan sin defectos ni deformaciones. Puede admitirse rajaduras en ambos extremos, siempre que no pasen 1 % de la longitud de la pieza.

Grupo B: Maderas que secan con ligeros defectos y deformaciones. Puede admitirse rajaduras hasta 5 % de la longitud total en ambos extremos.

Grupo C: Maderas que secan presentando deformaciones de 1-3 % en cualquiera de sus dimensiones y rajaduras hasta 10 % en cada uno de sus extremos.

3.3.5. Análisis Estadístico

Para proceder al análisis del comportamiento de la especie forestal *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, sobre las dos técnicas de secado al natural, Se

empleó el análisis de varianza a través de un diseño de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial (2a x 2b) con sub unidades de muestreo, para lo cual se le asignó 3 tratamientos y 5 bloques.

3.3.5.1. Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \tau_k + \alpha\tau_{jk} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = es la ijk -ésima observación en el i -ésimo árbol que contiene el j -ésimo nivel del factor A y el k -ésimo nivel del factor B

μ = es la media general

β_i = es el efecto del i -ésimo bloque.

α_j = es el efecto del j -ésimo nivel del factor A (plano de corte).

τ_k = es el efecto del k -ésimo nivel del factor B (técnica de apilado).

$\alpha\tau_{jk}$ = es la interacción del j -ésimo nivel del factor A con el k -ésimo nivel del factor B.

e_{ijk} = es el error aleatorio NID (0, σ^2)

Para:

I = 1, 2, 3 niveles del fuste.

J = 2 planos de corte (radial y tangencial)

K = 2 métodos de apilado (triangular y caballete)

Donde:

I = 1, 2, 3 Tratamientos.

J = 2 sub unidades (1= radial, 2= tangencial).

K = 2 sub unidades. (1= triangular, 2= caballete).

3.3.5.2. Prueba estadística

Para este método estadístico se realizó prueba de Duncan por ser el más adecuado para la comparación y cálculo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de humedad en los cortes tangencial y radial para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer

La Figura 12, muestra la curva de secado tanto para el corte tangencial y radial respectivamente en el cual se puede observar que hay una gran diferencia al inicio del proceso del secado de estos cortes hasta el día 34 donde comienzan a tener más semejanza en la curvatura del secado de los dos cortes.

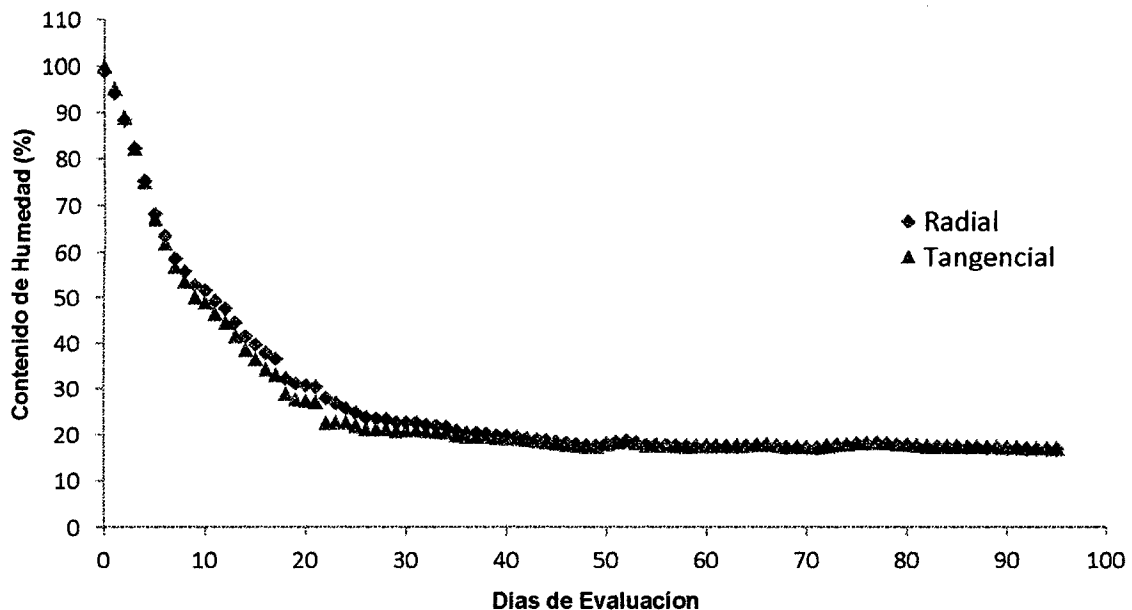


Figura 12. Contenido de humedad por días de secado para los cortes tangencial i radial en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

En la Figura 13 se puede observar las curvas de secado con respecto a los cortes tangencial y radial de la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. En el corte radial podemos notar una pérdida de contenido de humedad (CH) en menor velocidad con respecto al corte tangencial. Esta ventaja es apreciable en el día 34 haciéndose poco significativo a partir del día 50. De acuerdo con este comportamiento de pérdida de humedad en los cortes y en el método de apilado queda claro que el punto de saturación de las fibras (PSF) para la especie en estudio está entre 30% de contenido de humedad (CH).

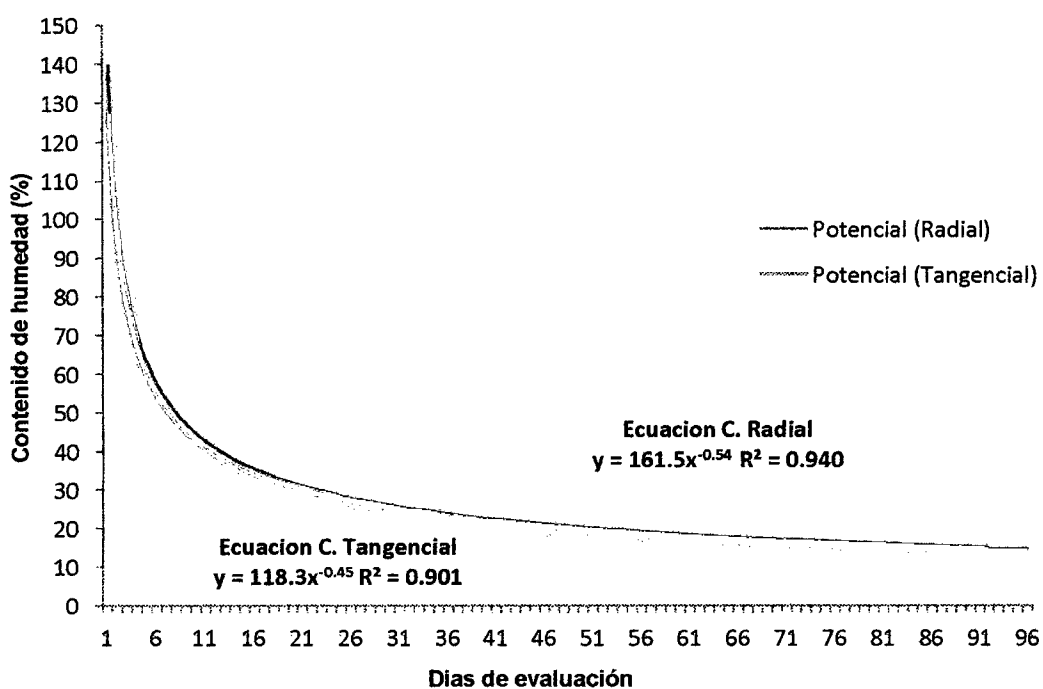


Figura 13. Curva de secado mediante regresión potencial para los planos de corte tangencial y radial en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

Como se conoce, en la mayoría de especies forestales existe mayor predisposición a perder humedad en la dirección del corte tangencial. En ese sentido en el trabajo que se realizó, los datos corroboran lo antes mencionado ya que la velocidad de pérdida del contenido de humedad (CH), en relación a los planos de corte tangencial y radial, conforme a los resultados del análisis de varianza (ANVA) de los datos muestra según el Cuadro 4 que existe alta significancia estadística para el día 15 de evaluación, esto quiere decir que hubo alta diferencia en la pérdida de humedad en los tipos de corte en los primeros 15 días de evaluación. Para el día 30 se muestra que no hubo significancia respecto a los tipos de corte. Así mismo para los días 45, 60, 75, 95 de evaluación presentan significancia estadística, por lo cual se afirma que existe diferencias en la pérdida de humedad posteriores a los 30 días de secado natural en los planos de corte tangencial y radial probadas en el presente estudio realizado.

Cuadro 4. ANVA del CH (%) en los planos de corte tangencial y radial.

F.V	g.l	Día 1	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 95
P. Corte (P. Valor)	1	0.5143 NS	0.0001 *	0.4084 NS	0.0563 *	0.0104 *	0.0116 *	0.0101 *
Error	71	99.68	24.11	13.31	13.74	13.55	13.7	13.3
Total	72							
C.V (%)		10.53	13.06	16.94	20.29	20.95	20.4	21.58

Según la prueba Duncan que se muestra en el Cuadro 5 existen diferencias significativas en los promedios de contenido de humedad en los cortes radial y tangencial para los días 15, 45, 60, 75 y 95 de evaluación. Observándose que la mayor pérdida de humedad en los días 1, 15 y 30 se da en el corte tangencial luego existe una variación leve con respecto al corte

radial. Este comportamiento se efectúa por la estructura anatómica que se presenta en los cortes tangencial y radial, en el primero las orientaciones de las células de los radios y vasos quedan más expuestas por lo que se acelera la evaporación de la humedad de manera más rápida dentro de las estructuras anatómicas, en el segundo caso, la menor velocidad de pérdida de humedad se puede deber a que en el corte radial las células de los vasos y radios quedan menos expuestas y además que en el corte radial las tablillas que se obtienen generalmente provienen de partes centrales del fuste por la naturaleza de corte al que se le somete, en donde la densidad de la madera es ligeramente mayor. Los resultados obtenidos a partir del día 45, 60, 75 y 95 en el cual se observa un leve aumento de contenido de humedad en el plano de corte tangencial a comparación del radial, se puede explicar que en sentido de que las orientaciones de las células de los radios y vasos quedan más expuestas se puede acelerar la pérdida de humedad como de igual manera, captar de manera rápida la humedad que exista en el ambiente.

Estos resultados concuerdan con ALVAREZ (2009) el cual encontró diferencias significativas en los días 10 y 20 de evaluación, encontrándose una mayor pérdida de humedad en el corte tangencial para la especie forestal *Jacaranda copaia* Aubl. GALLO (2010) encontró una mayor rapidez de secado natural en el plano de corte tangencial en los primeros 13 días de evaluación alcanzando 29.40 % de contenido de humedad en comparación a 35.00 % en el corte radial para la especie forestal *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman, para la zona de

Tingo María, los resultados hallados en el presente trabajo realizado lo demuestran para la especie estudiada.

Cuadro 5. Prueba de Duncan para los promedio del CH (%) con $\alpha = 0.05$.

Tipos De Corte	N	Día 1	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 95
Radial	26	94.94 a	40.89 b	21.45 a	16.69 a	15.69 a	16.32 a	15.11 a
Tangencial	51	93.21 a	34.03 a	20.65 a	18.59 b	18.25 b	18.85 b	17.65 b

4.2. Secado natural de acuerdo a las técnicas de apilado en triangular y caballete para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

En la Figura 14 se muestra la curva de secado que se forma para las técnicas de apilado respectivamente. En la presente figura se puede notar que las curvas de secado difieren notablemente hasta el día 60 en el cual se presenta una leve diferencia significativa hacia adelante.

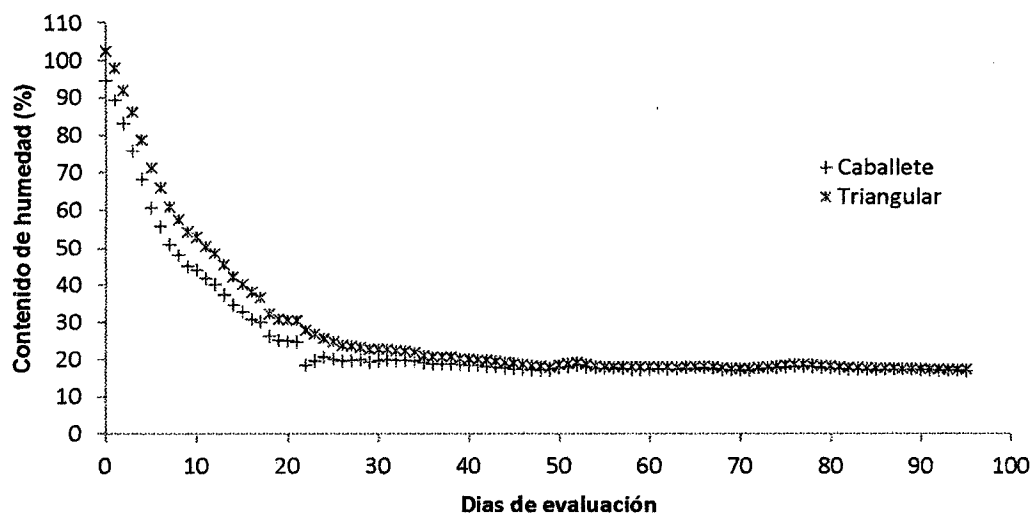


Figura 14. Contenido de H. por días de secado para las técnicas de apilado triangular y en caballete en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

En la Figura 15 se representa el ajuste de las curvas de secado natural para las técnicas de apilado triangular y caballete estudiadas en la presente tesis. Los resultados mostraron una óptima función de ajuste para el apilado triangular, la cual fue igual a $y = 143.8x^{-0.49}$ con un $R^2 = 0.935$, dicho valor representa un buen ajuste de la función matemática para la pérdida de humedad teórico en dicha técnica.

La superioridad en la pérdida de contenido de humedad en el apilado en caballete (Figura 15), se puede explicar que la pérdida de agua retenida es más acelerada por la gravedad existente en dicha técnica de apilado, tal como refiere ANANIAS (2002). Como se sabe en la técnica de apilado en caballete, las tablas o probetas son colocadas de manera tal que la dirección de los vasos y los poros (los cuales contienen mayor proporción de agua libre en la madera) quedan en posición casi vertical por lo cual se causa la mayor pérdida de humedad por los extremos de cada probeta o tabla. Cabe recalcar que estas diferencias encontradas son notables con mayor intensidad en la pérdida inicial del contenido de humedad, hasta que llega al 30 % de CH aproximadamente (el cual en la presente investigación se encontró para el apilado en caballete con 30.72 % al día 16 de evaluación y para el apilado triangular con 30.36 % al día 21 de evaluación), nivel en donde se pierde el agua libre en la madera la cual se almacena en los lúmenes o espacios de las células (INTA, 2001).

ALVAREZ (2009), reporto en su investigación con la especie *Jacaranda copaia* Aubl. "HUAMANZAMANA" que la técnica de apilado que

presento superioridad en la pérdida de contenido de humedad fue la de caballete con una pérdida de contenido de humedad menor a 30 % que alcanzo a los 25 días de evaluación con respecto a la técnica de apilado triangular. GALLO (2010) menciona en su investigación con la especie forestal *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. ex Chuman, que al someter a las técnicas de apilado en triangular y caballete, la ultima técnica mencionada presento mayor velocidad de pérdida de humedad obteniendo a los 11 días de evaluación 29.69 % de CH, lo cual se guarda una relación con los resultados obtenidos en la presente investigación. RUEDA (2007) sostiene que en la técnica de apilado en caballete el contenido de humedad del punto de saturación de las fibras se da entre los 20 – 35 días de evaluación lo cual concuerda con lo encontrado en la presente investigación.

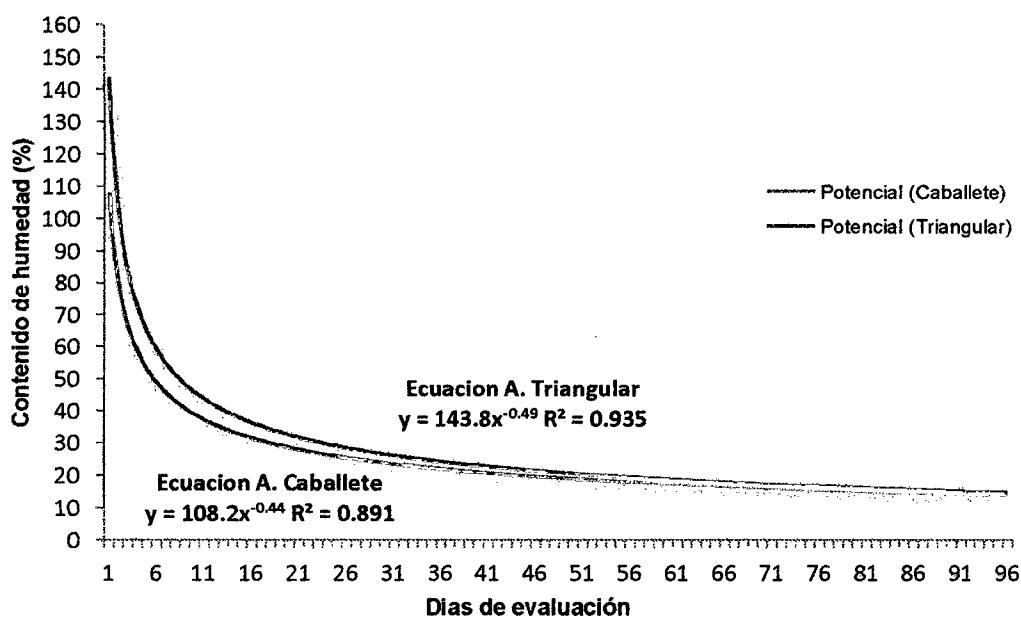


Figura 15. Curva de secado mediante regresión potencial para el apilado triangular y en caballete en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia".

En el Cuadro 6 se presenta el análisis (ANVA) de los resultados para el porcentaje de contenido de humedad (CH) el cual indica que existió significancia estadística entre los dos tipos de apilado triangular y en caballete para los días 1, 15, 30, 45 y 60 de evaluación, y para los días 75 y 95 no existió significancia estadística, lo que refleja que no existió diferencias notables para los últimos días de evaluación en los tipos de apilado a las que se sometió las probetas.

Cuadro 6. ANVA del CH (%) en los tipos de apilado triangular y en caballete.

F.V	g.l	Día 1	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 95
Apilado (P. Valor)	1	0.0016 *	0.0001 *	0.0001 *	0.0153 *	0.0749 *	0.1224 NS	0.1628 NS
Error	71	99.68	24.11	13.31	13.74	13.55	13.7	13.3
Total	72							
C.V (%)		10.53	13.06	16.94	20.29	20.95	20.4	21.58

En el cuadro 7 se muestra la prueba Duncan con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ en los promedios de contenido de humedad para las evaluaciones realizadas en la presente investigación. Los resultados de la prueba Duncan corroboran que efectivamente existió significancia estadística para los días 1, 15, 30, 45 y 60 de evaluación entre los dos tipos de apilado existiendo una superioridad de secado para el tipo de apilado en caballete a comparación del apilado triangular.

De otra manera se muestra en la prueba Duncan que para los días 75 y 95 no existió significancia estadística para el contenido de humedad, es decir no hubo diferencias en el secado natural para los últimos días de evaluación. Sin embargo cabe recalcar que existe una leve superioridad en la rapidez de la pérdida de humedad en el apilado en caballete a comparación

con el apilado triangular. ALVAREZ (2009), no encontró diferencias significativas en la prueba Duncan para los tipos de apilado en triangular y caballete en *Jacaranda copaia* Aubl; pero si encontró una superioridad en la velocidad del secado en el tipo de apilado en caballete a comparación del apilado triangular, lo cual se concuerda con lo reportado en la presente investigación.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para los promedios del CH (%) en los tipos de apilado con $\alpha = 0.05$.

Tipos de Apilado	N	Día 1	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 95
Caballete	27	89.76 a	33.78 a	19.02 a	16.43 a	16.09 a	16.82 a	15.7 a
Triangular	50	98.39 b	41.14 b	23.09 b	18.86 b	17.85 b	18.35 a	17.06 a

4.3. Secado natural de acuerdo a los tres niveles de fuste para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

En la Figura 16 se puede apreciar las evaluaciones del contenido de humedad para cada nivel del fuste en los días evaluados. Para el nivel medio y ápice se puede apreciar que el contenido de humedad inicial fue de 101.13 % y 100.44 % respectivamente, a comparación del nivel de la base que fue de 98.12 % de contenido de humedad. Respectivamente se puede notar que después del día 25 empieza a decrecer la velocidad de pérdida de contenido de humedad, pero se observa una pequeña similitud pero no igualdad en los niveles base y ápice lo cual se refleja en 15.86 % y 16.70 % de contenido de humedad evaluado al día 95 respectivamente, comparado con 18.47 % para el nivel medio evaluado al día 95.

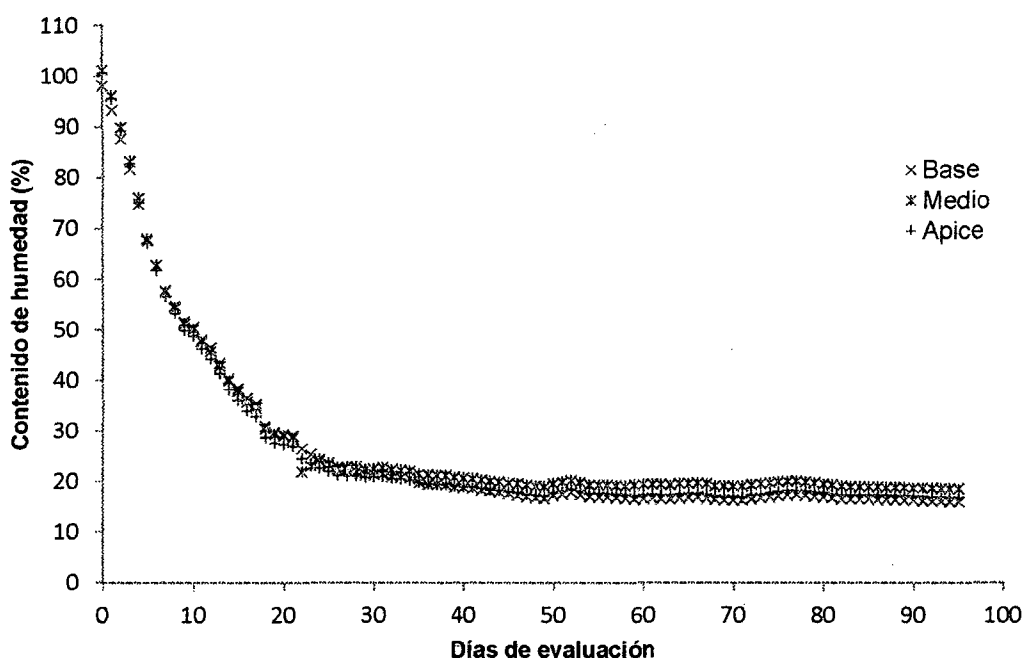


Figura 16. Contenido de humedad por días de secado para los tres niveles de fuste en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

En la Figura 17 se muestra el ajuste de las curvas de secado natural para los niveles del fuste estudiados en la presente investigación. Pérez (1983), citado por GALLO (2010) y CUEVAS (2003) afirman que en un árbol recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate. Las maderas livianas por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas. De igual manera, la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un mayor contenido de humedad que el duramen. Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes

celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo. JUNAC (1984) menciona que la madera recién aserrada contiene cantidades variables de agua, que depende de la época de corta, la región de procedencia, la especie forestal, la edad del árbol, entre otros factores. En general, las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las maderas pesadas. La albura, formada por células cuya principal función es la conducción de sustancias nutritivas en solución acuosa, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen, tejido compuesto por células con acumulación de sustancias infiltradas en las cavidades celulares, lo cual se refleja en las curvas de secado natural para los niveles de fuste estudiados.

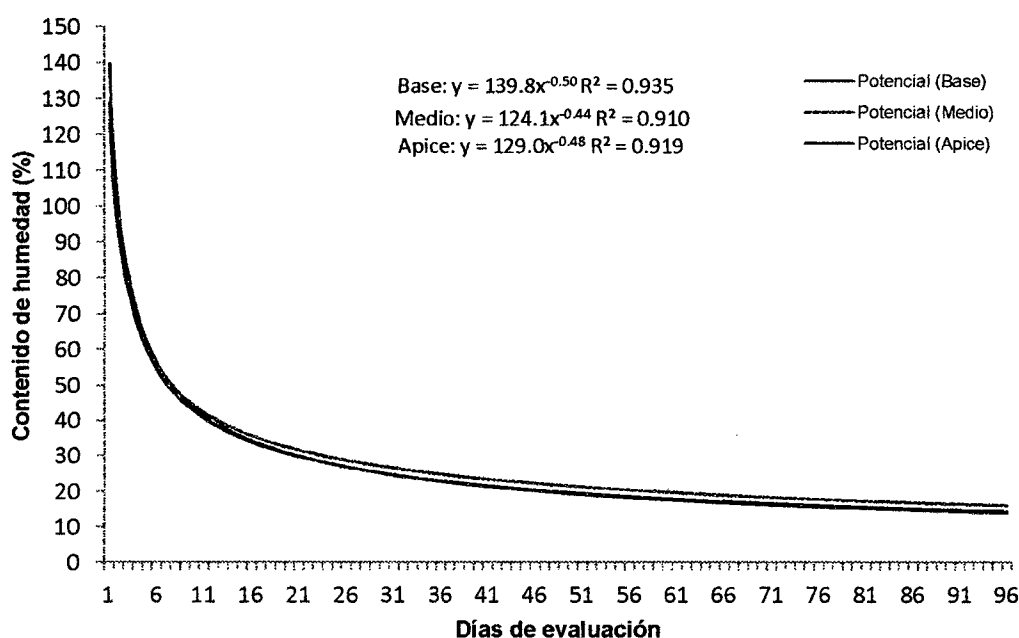


Figura 17. Curva de secado mediante regresión potencial para los niveles de fuste en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

En las especies forestales, el producto importante para ser aprovechado es la madera, el cual es un material muy complejo por sus diversos factores a los cuales es expuesto al momento de ser aprovechado, lo cual nos indica una diferencia en el proceso de secado para cada especie y para cada nivel del fuste, ya sea la base, medio o ápice. Los resultados que nos muestra el Cuadro 8 reflejan este comportamiento para los niveles de fuste en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. Los datos hallados en el análisis estadístico (ANVA) muestran que no existió una significancia estadística para los niveles del fuste en relación a la pérdida de contenido de humedad para los días 1, 15, 30 y 45 y una significancia estadística para los días 60, 75 y 95 de evaluación. Lo cual afirma que existen diferencias estadísticas en el secado natural de las tablas provenientes de los diferentes niveles del fuste.

Cuadro 8. ANVA del CH (%) para los tres niveles de fuste en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer estudiados.

F.V	g.l	Día 1	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 95
N. Fuste (P. Valor)	2	0.4379 NS	0.4214 NS	0.2267 NS	0.094 NS	0.0261 *	0.0314 *	0.0408 *
Error	71	99.68	24.11	13.31	13.74	13.55	13.7	13.3
Total	73							
C.V (%)		10.53	13.06	16.94	20.29	20.95	20.4	21.58

En el Cuadro 9 se muestra los análisis de la prueba Duncan la evaluación de contenido de humedad en los 3 niveles de fuste de la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, el cual refleja menor contenido de humedad para la parte inferior del fuste (base) pero no una significancia estadística, hasta el día 60 en que comienza a diferir estadísticamente mostrando a la parte

inferior del fuste (base) con menor contenido de humedad, seguido por la parte superior (ápice) y terminando por la parte media.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para los promedios del CH (%) en los tres niveles del fuste con $\alpha = 0.05$.

N. del Fuste	N	Día 1	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 95
Base	34	92.12 a	37.82 a	20.58 a	16.79 a	15.85 a	16.47 a	15.26 a
Ápice	18	94.85 a	36.31 a	20.48 a	17.23 a	16.55 ab	17.18 ab	16.12 ab
Medio	25	95.25 a	38.25 a	22.09 a	18.91 a	18.52 b	19.09 b	17.75 b

4.4. Interacción entre el tipo de corte y el tipo de apilado en el contenido de humedad para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

En el Cuadro 10 se observa el análisis ANVA para la interacción de dos factores importantes en la evaluación de contenido de humedad del secado natural de la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, los cuales se comportan de manera diferente e influyen en el secado propiamente dicho. Para los días 1, 15, 30 y 45 no existe significancia a diferencia de los días 60, 75 y 95 que muestran significancia estadística para los días de evaluación de contenido de humedad.

Cuadro 10. ANVA del CH (%) para la interacción entre el tipo de corte y el tipo de apilado en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

F.V	g.l	Día 1	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 95
Interacción (P. Valor)	1	0.4379 NS	0.4214 NS	0.2267 NS	0.094 NS	0.0261 *	0.0314 *	0.0408 *
Error	71	99.68	24.11	13.31	13.74	13.55	13.7	13.3
Total	72							
C.V (%)		10.53	13.06	16.94	20.29	20.95	20.4	21.58

Es muy importante la evaluación de los factores que afectan en el secado de la madera, tales como tipo de corte o el tipo de apilado al cual son sometidas las probetas y su interacción entres estos dos factores. En el Cuadro 11 se muestra la prueba Duncan para las interacciones entre el tipo de cote y el tipo de apilado una superioridad en la pérdida de humedad para los días 1 y 15 para el tipo de corte tangencial con apilado en caballete, esto se refleja en la prueba Duncan entre los tipos de corte, reflejándose una breve superioridad de pérdida de contenido de humedad para los primeros días de evaluación debido a que las orientaciones de las células de los radios y vasos quedan más expuestos a los cambios ambientales. En los días 30, 45, 60, 75 y 95 se observa que el corte radial en tipo de apilado caballete tiene una superioridad en pérdida de secado en comparación con las interacciones restantes. La técnica en apilado en caballete predomina en la superioridad de pérdida de contenido de humedad para los dos tipos de corte, esto se puede explicar que la perdida de agua retenida es más acelerada debido a la gravedad existente en esta técnica de apilado, tal como lo menciona ANANIAS (2002).

Cuadro 11. Prueba de Duncan para los promedios del CH (%) para la interacción entre los tipos de corte y los tipos de apilado triangular y en caballete con $\alpha = 0.05$.

T. Corte	T. Apilado	N	Día 1	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 95
Radial	Caballete	7	91.39 ab	36.77 b	18.29 a	14.46 a	13.93 a	14.7 a	13.51 a
Tangencial	Caballete	20	88.13 a	30.79 a	19.75 b	18.39 b	18.26 b	18.93 b	17.9 b
Tangencial	Triangular	31	98.29 b	37.27 b	21.55 b	18.79 b	18.25 b	18.76 b	17.41 b
Radial	Triangular	19	98.49 b	45 c	24.62 c	18.93 b	17.46 b	17.93 b	16.71 b

4.5. Contracción radial y tangencial en relación a los tres niveles de fuste para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

4.5.1. Contracción radial para los tres niveles de fuste

En la Figura 18 se puede apreciar que la contracción radial es más representativo para el nivel de fuste inferior (base), alcanzando una superioridad de 0.80 % a comparación de la parte media y superior (ápice), en las cuales se encuentran diferencias mínimas de 0.67 % y 0.66 % respectivamente para los niveles de fuste antes mencionados.

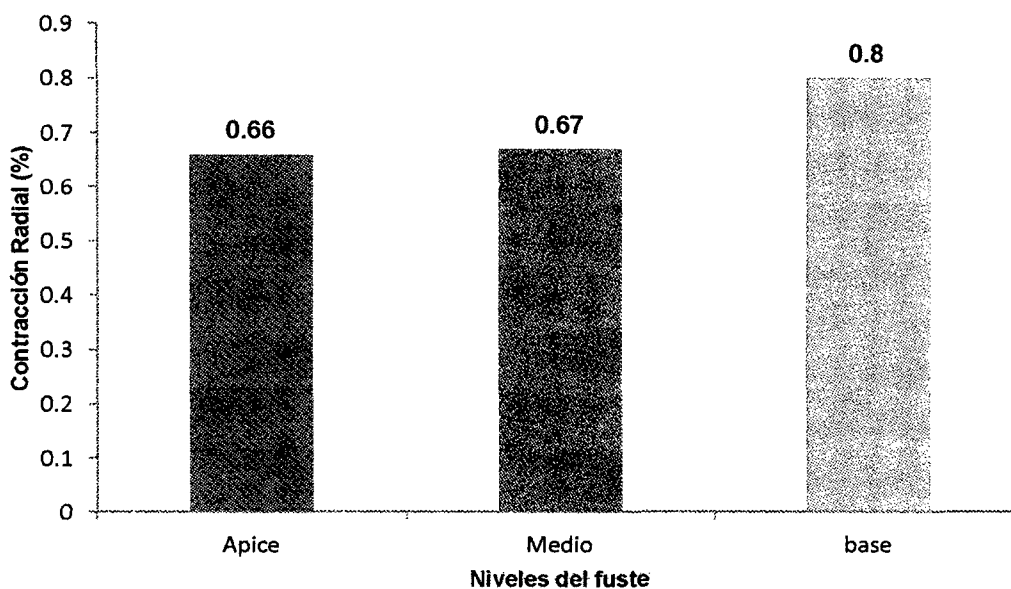


Figura 18. Contracción radial para los tres niveles de fuste en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

En el Cuadro 12, se realizó el análisis de varianza ANVA, el cual refleja que no existió significancia estadística para la contracción radial, en los tres niveles de fuste estudiados, cabe señalar que DÍAZ (2005), menciona que este comportamiento en el plano de corte radial se debe al efecto restrictivo de las células horizontales de los rayos medulares lo cual concuerda con los resultados existentes en el presente estudio. Por lo tanto se afirma que no existen diferencias significativas en la contracción radial para los tres niveles de fuste estudiados.

Cuadro 12. ANVA del CH (%) para la contracción radial en los tres niveles de fuste estudiados en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

F.V.	gl	SC	CM	F	P. valor	Sig.
Modelo	2	0.34	0.17	1.46	0.2393	NS
Nivelés	2	0.34	0.17	1.46	0.2393	NS
Error	74	8.74	0.12			
Totales	76					
CV (%)		47.4				

Según el Cuadro 12, el análisis ANVA muestra que no existió diferencias significativas para la contracción en los tres niveles de fuste estudiados, pero cabe resaltar que en el Cuadro 13, el cual se realizó la prueba estadística de Duncan, refleja que no existió significancia pero si una superioridad en el porcentaje de contracción radial para el nivel inferior (base) con 0.80 % de contracción a diferencia de los 0.67 % y 0.66 % para el nivel medio y superior (ápice) respectivamente. Estos resultados confirman lo que se muestra en la Figura 19, por lo cual este comportamiento de contracción nos demuestra que las paredes celulares de la madera que se encuentra en la

parte inferior (base) del fuste se contraen más que la de los niveles superiores estudiados.

Cuadro 13. Prueba de Duncan para la contracción radial en los tres niveles de fuste estudiados en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, con $\alpha = 0.05$.

Niveles	N	Promedios	Sig.
Ápice	18	0.66	a
Medio	25	0.67	a
base	34	0.8	a

4.5.2. Contracción tangencial para los tres niveles de fuste

ANANÍAS (2002), manifiesta La contracción tangencial es 1,5 a 3 veces mayor que la contracción radial. Las diferencias entre contracción tangencial y radial son debidas por una parte al potencial favorecimiento de la contracción en el sentido tangencial que hacen las bandas de madera de verano, particularmente en coníferas, y por otra a la restricción a los cambios dimensionales que ejercen los radios leñosos en la dirección radial de la madera. INIA-PROMPEX (1998), menciona que la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, presenta una contracción tangencial de 10.14 %, contracción radial de 5.59 % y una relación T/R de 1.81 %, lo cual se asemeja a los datos obtenidos en a presente investigaron, que se reflejan en la Figura 19, que muestra una superioridad de contracción tangencial en la parte superior (ápice) con 1.96 % a comparación de la parte media e inferior con 1.79 % y 1.72 % respectivamente. Bosshard (1956), citado por BÁRCENAS y DÁVALOS (1999)

menciona que las paredes radiales de las células de la madera presentan un contenido de lignina mayor que el contenido en las paredes tangenciales, lo que explica los valores menores de contracción en la dirección radial ya que la lignina al ser más rígida y menos higroscópica que las holocelulosas, limita las contracciones. Kato y Nakato (1968), citado por BÁRCENAS y DÁVALOS (1999) confirman esta hipótesis realizando un estudio en coníferas, encontrando efectivamente que las paredes radiales de las células se encuentran más lignificadas que las tangenciales.

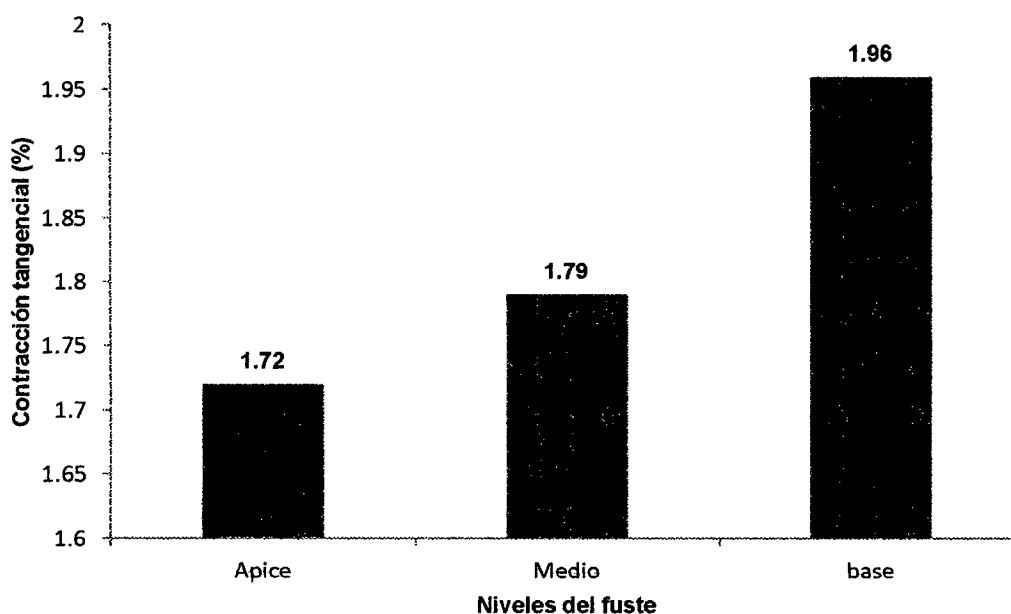


Figura 19. Contracción tangencial para los tres niveles de fuste en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

El análisis ANVÁ para la contracción tangencial en los niveles del fuste para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, se muestran en el Cuadro

14, en el cual muestra que no existe significancia estadística en la contracción tangencial con relación a los tres niveles de fuste estudiados, sin embargo la Figura 20 muestra una superioridad de contracción tangencial para el nivel inferior (base) a comparación de los niveles medio y ápice.

Cuadro 14. ANVA del CH (%) para la contracción tangencial en los tres niveles de fuste estudiados en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

F.V.	gl	SC	CM	F	P. valor	Sig.
Modelo	2	0.82	0.41	1.78	0.1755	NS
Niveles	2	0.82	0.41	1.78	0.1755	NS
Error	74	17	0.23			
Totales	76					
CV (%)		25.9				

La prueba Duncan que se muestra en el Cuadro 15 reflejan lo expresado en el Cuadro 14 y en la Figura 19, que no existe significancia estadística entre los niveles del fuste para la contracción tangencial, pero si existe una leve superioridad en la parte inferior (base) a comparación de los niveles medio y ápice.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para la contracción radial en los tres niveles de fuste estudiados en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, con $\alpha = 0.05$.

Niveles	N	Promedios	Sig.
Ápice	18	1.72	a
Medio	25	1.79	a
base	34	1.96	a

VIGNOTE (2000) indica que cuanto más coincidentes sean las contracciones radial y tangencial, menos tensiones se producen en la madera y más estabilidad tendrá. Por lo que, maderas con relación entre coeficientes $\bar{T}/\bar{R} > 2$ presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería. En la Figura 20 se muestra la relación \bar{T}/\bar{R} para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, en el cual los resultados obtenidos no concuerdan con lo reportado por Kollmann (1959), citado por GALLO (2010), en donde menciona que la relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (\bar{T}/\bar{R}) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado, mostrando que existe menor estabilidad para la trabajabilidad y utilización en la parte media del árbol.

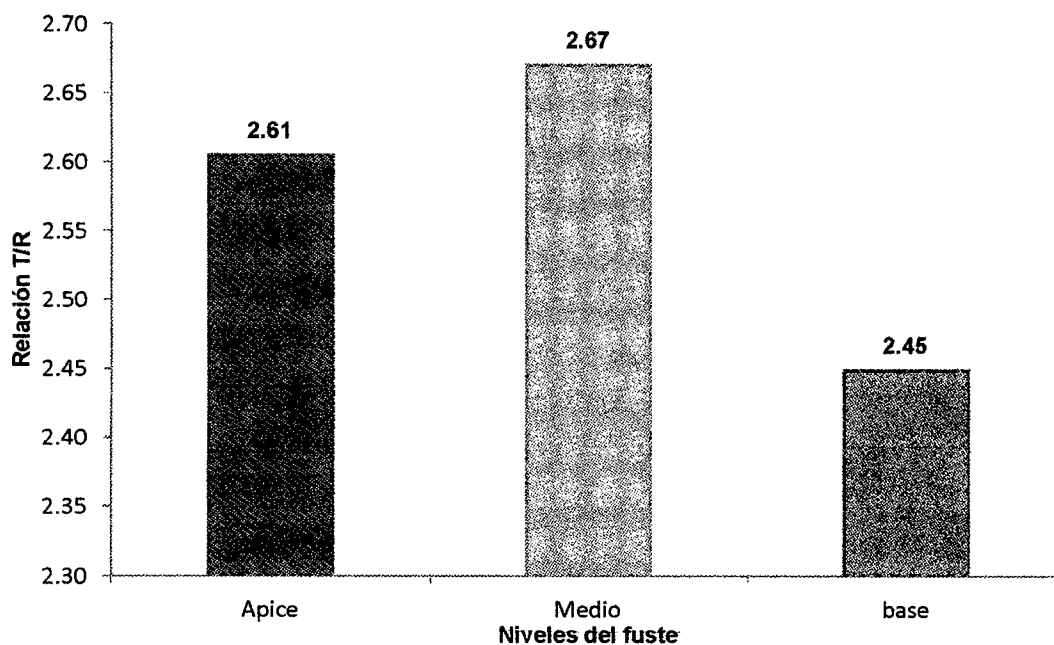


Figura 20. Relación \bar{T}/\bar{R} para los tres niveles de fuste en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

En el Cuadro 16, se muestra los datos promedios de contracción tangencial y radial, de la misma manera se muestra la relación T/R para cada nivel de fuste. Estos datos no concuerdan con lo reportado por INIA-PROMPEX (1998), quien refiere que la relación T/R es de 1.81 para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, a diferencia de 2.67 para la parte media, 2.61 para la parte superior (ápice) y 2.45 para la parte inferior (base).

Cuadro 16. Relación T/R promedio en los tres niveles de fuste estudiados en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

Niveles	N	Tangencial	Radial	T/R
Ápice	18	1.72	0.66	2.61
Medio	25	1.79	0.67	2.67
base	34	1.96	0.8	2.45
Promedio		1.82	0.71	2.58

4.6. Presencia de defectos y deformaciones en el secado natural para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer

4.6.1. Defectos y deformaciones para los planos de corte radial y tangencial

En la Figura 21 se puede observar el histograma 100 % apilado de defectos y deformaciones presentes para los planos de corte radial y tangencial en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. Para los planos de corte radial y tangencial estudiados se presenta la evaluación de defectos y deformaciones de acuerdo al criterio mencionado por AROSTEGUI (1970), en la cual clasifica visualmente en tres clases, luego se agregó la cuarta clase (D) a manera de

criterio personal, para considerar las probetas en descarte. En el plano de corte radial, se observa como primera deformación o alabeo a la arqueadura con 61.5 % para la clase A, 38.5 % para la clase B, 0% y 0 % para la clase C y D respectivamente. En el abarquillado, 96.2 % para la clase A, 3.8 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. en la encorvadura, 38.5% para la clase A, 61.5 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. En la torcedura, 92.7 % para la clase A, 7.7 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. En los defectos se observa en la rajadura, 84.6 % para la clase A, 3.8 % para la clase B, 3.8 % para la clase C y 7.7 % para la clase D. En el defecto de grieta, 92.3 % para la clase A, 3.8 % para la clase B, 0 % para la clase C y 3.8 % para la clase D. En el plano de corte tangencial se presenta como primera deformación o alabeo a la arqueadura con 51.9 % para la clase A, 48.1 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. En abarquillado, 100.0% para la clase A, 0 % para la clase B, 0 % y 0% para la clase C y D. En encorvadura, 44.4 % para la clase A, 55.6% para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. En torcedura, 92.6 % para la clase A, 7.4 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. Para la rajadura 81.5 % para la clase A, 11.1 % para la clase B, 7.4 % para la clase C y 0 % para la clase D. Grieta, 100.0 % para la clase A, 0 % para la clase B, 0 % para la clase C y 0 % para la clase D.

Podemos observar que la mejor en la clasificación por deformaciones y defectos, el plano de corte que presentó mejor resultado fue el plano radial ya que en la deformación de arqueadura presenta 61.5 % para la clase A en comparación con 37.3 % para la clase A que presenta el plano tangencial.

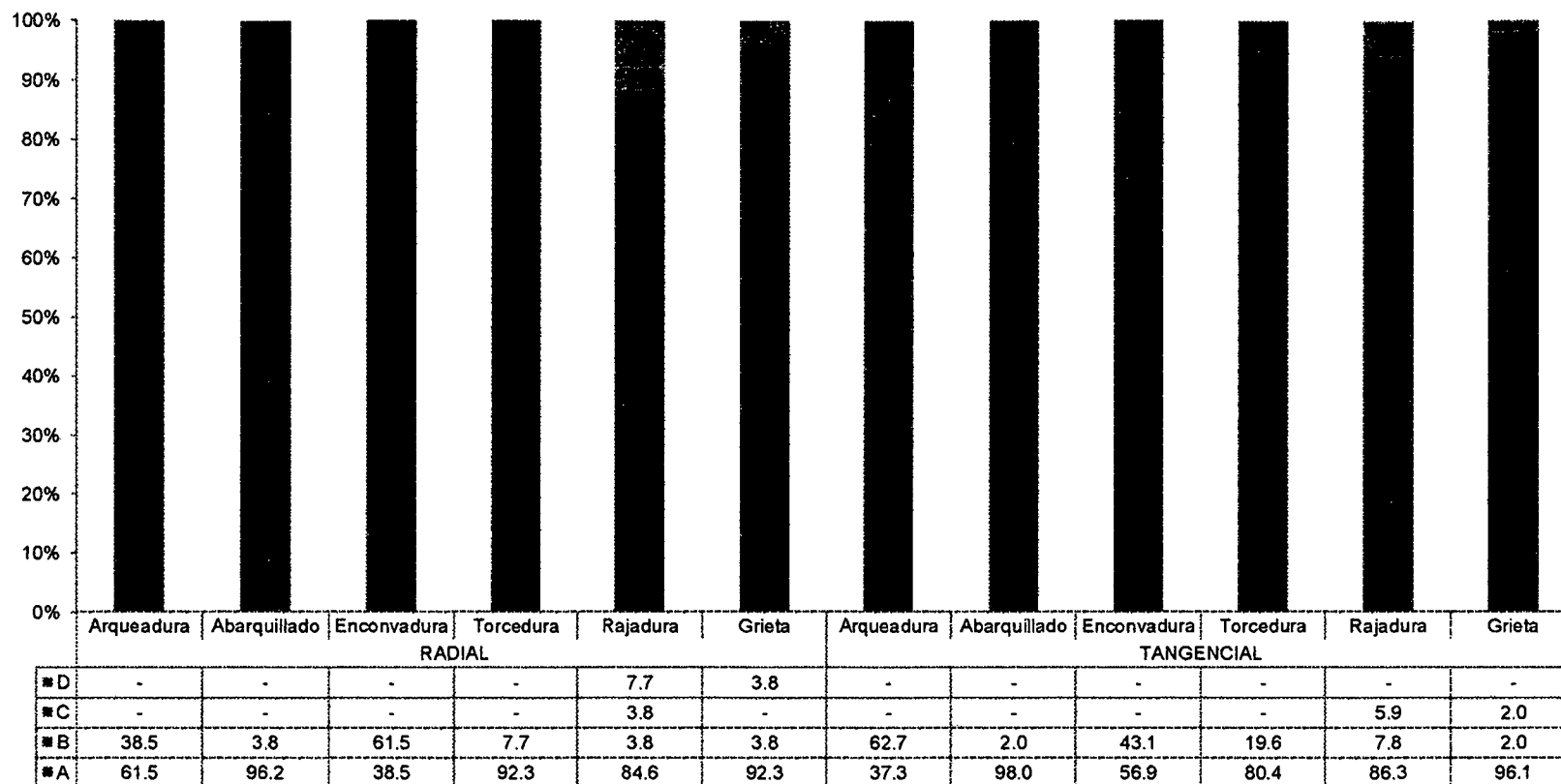


Figura 21. Defectos y deformación presentes en los planos de corte radial y tangencial de la especie *Guarea guidonia* (L.) Steumer. "Requia".

Según Boyd (1974), citado por BÁRCENAS y DÁVALOS (1999), indica que la madera de baja densidad presenta una fuerte evaporación superficial, generando altos gradientes de humedad, contracciones prematuras a nivel de la superficie y tensiones de secado bajo el P.S.F, originando grietas superficiales e internas. Cuando el colapso es severo, debido a la baja resistencia mecánica de la pared celular de la madera, se generan grietas superficiales e internas en la madera.

Según Bosshard (1956), citado por BÁRCENAS y DÁVALOS (1999), la presencia de grietas en especies de baja densidad, donde la madera en plano tangencial presenta un mayor porcentaje de grietas respecto de la radial se debe a fuertes gradientes de humedad durante el secado, situación que produce un resecamiento superficial y una prematura contracción, con la consecuente generación de grietas superficiales debido a la débil presencia de la pared celular, resultante de su facilidad para evaporar el agua desde la superficie. Las grietas internas en tanto, se generan por acción de dos efectos durante el secado. El primero, por efecto de colapso, particularmente en el anillo de primavera, donde el esfuerzo producido supera la resistencia mecánica de ésta y se produce la fractura o grieta en dicha pared.

Este efecto es de mayor incidencia en la madera de corte con plano de corte tangencial en virtud a que la madera, por acción del colapso, debe moverse en el ancho de la pieza y su capacidad de fluencia es mínima. De la misma forma, en la madera con plano de corte radial, la contracción de

dos anillos consecutivos de primavera, debido al colapso, produce una tracción en el anillo de verano intermedio y grietas superficiales sobre éste.

Cuadro 17. Defectos y deformaciones presentes en los planos de corte radial y tangencial durante el secado natural para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

Corte	Defectos y D.	A	B	C	D	Total
Radial	Arqueadura	61.5	38.5	-	-	100.0 %
	Abarquillado	96.2	3.8	-	-	100.0 %
	Enconvadura	38.5	61.5	-	-	100.0 %
	Torcedura	92.3	7.7	-	-	100.0 %
	Rajadura	84.6	3.8	3.8	7.7	100.0 %
	Grieta	92.3	3.8	-	3.8	100.0 %
Tangencial	Arqueadura	37.3	62.7	-	-	100.0 %
	Abarquillado	98.0	2.0	-	-	100.0 %
	Enconvadura	56.9	43.1	-	-	100.0 %
	Torcedura	80.4	19.6	-	-	100.0 %
	Rajadura	86.3	7.8	5.9	-	100.0 %
	Grieta	96.1	2.0	2.0	-	100.0 %

4.6.2. Defectos y deformaciones para las técnicas en apilado triangular y apilado en caballete

En la Figura 22 se puede observar el histograma 100 % apilado de defectos y deformaciones presentes para las técnicas en apilado triangular y apilado en caballete en la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. Para lo cual se presenta la evaluación defectos y deformaciones de acuerdo al criterio mencionado por AROSTÉGUI (1970), en la cual el autor clasifica visualmente en tres clases, a la cual se le agrego la cuarta clase (D) a manera de criterio personal, para considerar las probetas en descarte. En el tipo de apilado

triangular, se observa como primera deformación o alabeo a la arqueadura con 42.0 % para la clase A, 58.0 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D respectivamente. En el abarquillado, 96.0 % para la clase A, 4.0 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. en la encorvadura, 54.0 % para la clase A, 46.0 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. En la torcedura, 80.0 % para la clase A, 20.0 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. En los defectos se observa en la rajadura, 88.0 % para la clase A, 4.0 % para la clase B, 4.0 % para la clase C y 4.0 % para la clase D. En el defecto de grieta, 92.0 % para la clase A, 4.0 % para la clase B, 2.0 % para la clase C y 2.0 % para la clase D. En el tipo de apilado en caballete se presenta como primera deformación o alabeo a la arqueadura con 37.3 % para la clase A, 62.7 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. En abarquillado, 98.0 % para la clase A, 2.0 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. En encorvadura, 56.9 % para la clase A, 43.1 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. En torcedura, 80.4 % para la clase A, 19.6 % para la clase B, 0 % y 0 % para la clase C y D. Para la rajadura 86.3 % para la clase A, 7.8 % para la clase B, 5.9 % para la clase C y 0 % para la clase D. Grieta, 96.1 % para la clase A, 2.0 % para la clase B, 2.0 % para la clase C y 0 % para la clase D.

Como se puede observar, para la evaluación de defectos y deformaciones para las técnicas de apilado triangular y apilado en caballete, el tipo de apilado que presentó mejores resultados fue el apilado en caballete que en la deformación de arqueadura presenta 51.9 % para la clase A en comparación con 42.0 % para la clase A en apilado triangular, para la deformación de apilado presenta 100 % para la clase A en comparación con

96.0% para la clase A en el apilado triangular, para el defecto grieta presenta 100.0 % para la clase A en comparación de 92.0 % para la clase A en apilado triangular.

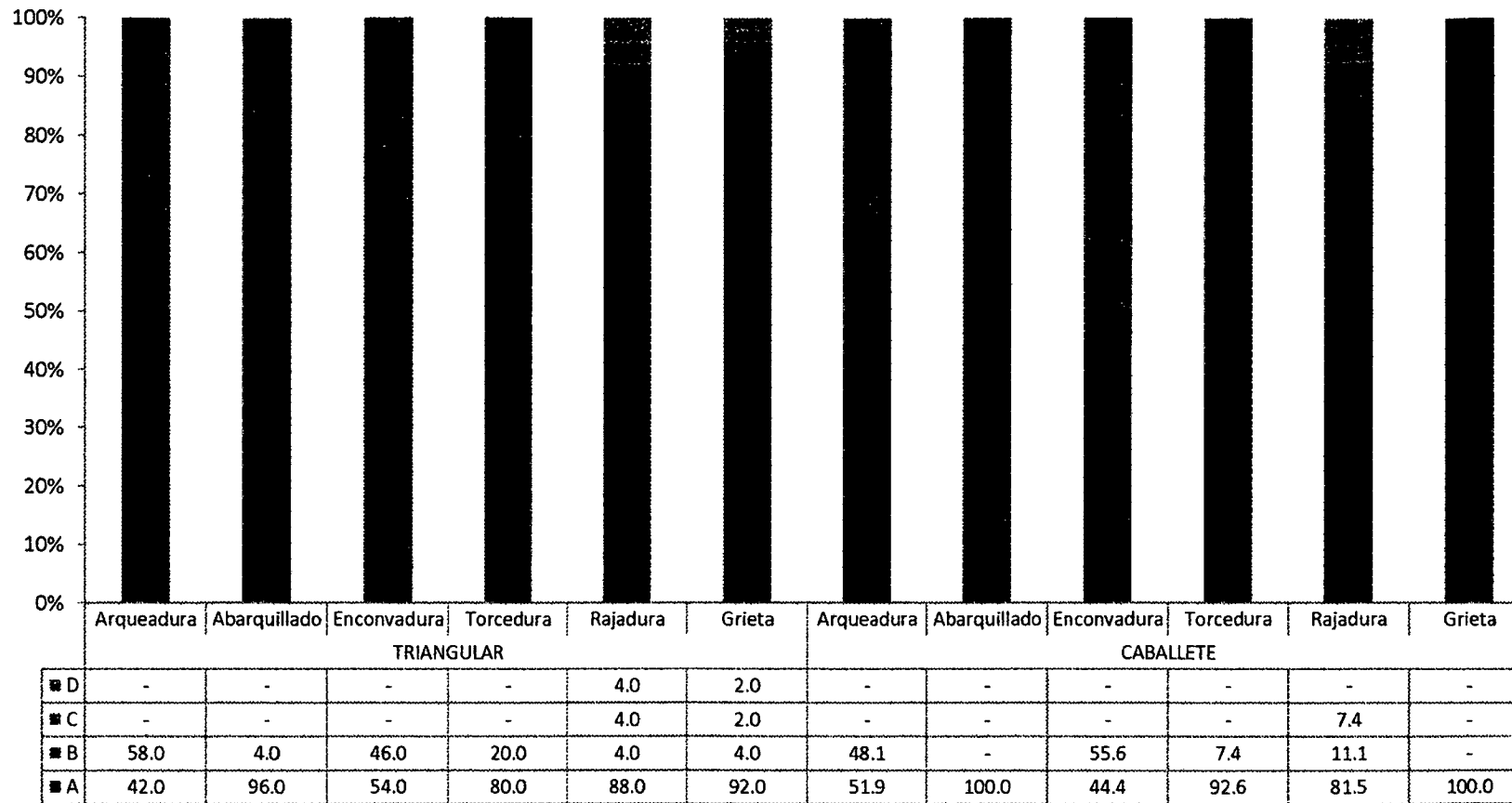


Figura 22. Defectos y deformación presentes en los tipos de apilado triangular y apilado en caballete para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

Estos defectos son influenciados por la estructura celular de la madera, por ejemplo los alabeos, además de estar ligados por los factores climatológicos, como los cambios bruscos de temperatura en el ambiente, tiene mucha relación con la dirección del grano de la madera. Si bien es cierto que estos defectos afectan en mayor o menor grado la calidad de la madera y dado a los rangos de clasificación estipulados durante la evaluación, es necesario que antes de su utilización y comercialización se efectuó una clasificación final de la madera secada a fin de propiciar su un uso óptimo futuro, Schrewe, (1983), citado por GALLO (2010).

Cuadro 18. Defectos y deformaciones presentes en los tipos de apilado triangular y caballete durante el secado natural para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer.

Apilado	Defectos y D.	A	B	C	D	Total
Triangular	Arqueadura	42.0	58.0	-	-	100.0 %
	Abarquillado	96.0	4.0	-	-	100.0 %
	Enconvadura	54.0	46.0	-	-	100.0 %
	Torcedura	80.0	20.0	-	-	100.0 %
	Rajadura	88.0	4.0	4.0	4.0	100.0 %
	Grieta	92.0	4.0	2.0	2.0	100.0 %
Caballete	Arqueadura	51.9	48.1	-	-	100.0 %
	Abarquillado	100.0	-	-	-	100.0 %
	Enconvadura	44.4	55.6	-	-	100.0 %
	Torcedura	92.6	7.4	-	-	100.0 %
	Rajadura	81.5	11.1	7.4	-	100.0 %
	Grieta	100.0	-	-	-	100.0 %

V. CONCLUSIONES

1. La especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, presentó una mayor rapidez de secado natural en el plano de corte tangencial al día 30 de evaluación alcanzando 20.65 % de contenido de humedad respecto al plano de corte radial con 21.45 % de humedad, pero respecto a los días 45, 60, 75 y 95 el plano de corte radial presentó una rapidez en el secado natural alcanzando 15.11 % de contenido de humedad al día 95 de evaluación con respecto a 17.65 % de contenido de humedad en el plano de corte tangencial, por lo que se concluye que el plano de corte óptimo en el secado natural de la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, fue el plano de corte radial.
2. La especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, en el método de apilado para el secado, presentó con mayor rapidez en la pérdida de humedad el tipo de apilado en caballete con respecto al apilado triangular para los primeros días de evaluación hasta el día 70. A partir del día 70 hasta el día 95, no presentaron diferencias significativas, por lo tanto para los primeros días de evaluación es necesario apilar en forma de caballete.
3. La especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, presentó diferencias significativas en el secado natural en los diferentes niveles de fuste, presentando al nivel inferior (base) con mayor rapidez en el secado natural

con 15.26 % de contenido de humedad, seguido de 16.12 % de CH para la parte media y 17.75 % para la parte superior (ápice), al día 95 de evaluación.

4. La especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, presentó diferencias significativas en la interacción entre el tipo de apilado con el tipo de corte, mostrando con mayor rapidez en el secado natural a la interacción entre el apilado en caballete y tipo de corte radial con 13.51 % de contenido de humedad seguido a la interacción entre el apilado triangular y plano de corte radial con 16.71 % de contenido de humedad, como tercero se encuentra a la interacción entre apilado triangular y plano de corte tangencial con 17.41 % de contenido de humedad y por último a la interacción entre el tipo de apilado caballete y plano de corte tangencial con 17.9 % de contenido de humedad.

5. Se encontró diferencias significativas en la contracción radial y tangencial para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, presentándose valores promedios de contracción los cuales son 1.82 para la contracción tangencial y 0.71 para la contracción radial, en relación a la contracción en los tres niveles de fuste (base, medio y ápice) no se encontraron diferencias significativas para los tipos de contracción evaluados, lo cual se concluye que son idénticos estadísticamente. En cuanto a la relación T/R el promedio general obtenido es de 2.58.

6. En la evaluación de defectos y deformaciones para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, se encontró que el plano de corte radial presentó menor presencia de defectos y deformaciones como arqueadura que presentó un 61.5 % para la clasificación A en comparación a 37.3 % para el plano de corte tangencial. Para el tipo de apilado se encontró que en el apilado en caballete presentó menor presencia de defectos y deformaciones tales como arqueadura con 51.9 % para la clasificación A, con respecto a 42.0 % en el tipo de apilado triangular, para el abarquillado el tipo de apilado en caballete presentó 100 % para la clasificación A, en comparación con 96 % para el apilado triangular.

VI. RECOMENDACIONES

1. Promover la investigación a nivel de pre grado en el tema de secado de maderas con otras especies.
2. Para ensayos posteriores se recomienda que los materiales, equipos y herramientas de evaluación se encuentren en buen estado y calibrados, para de esta manera evitar contratiempos al momento de efectuar las evaluaciones pertinentes.
3. Realizar investigaciones similares con otras especies forestales a nivel comercial y con especies que recién se encuentren ingresando al mercado nacional e internacional, y recopilar toda esta información con el fin de que sirva como una base de datos en investigación para nuestra casa de estudios.
4. Es recomendable como centro de formación profesional e investigación realizar evaluar estos tipos de investigaciones y compararlas con otras especies forestales conocidas y alternativas, con el fin de determinar la efectividad en la obtención de productos de calidad a nivel local, nacional e internacional.

VII. ABSTRACT

The objective was to evaluate, compare and determine the characteristics of natural drying techniques based on stacked triangular ridge and the forest species *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia", three levels of the shaft in the area of Tingo Maria. The work was done in the academic unit Laboratory Workshop Development and Forestry Equipment - School of Renewable Natural Resources (UNAS). We used the design of randomized complete blocks, two-factor under ($2a \times 2b$), with three treatments were three levels present in the tree trunk, the five blocks and each of the trees removed. Cut logs were used according to the level of shaft length of 1.30 meters, from the village of Shiringal, Sector Tulumayo district José Crespo y Castillo, province of Leoncio Prado, Huánuco region. The test pieces, strips or beams were obtained with dimensions of 2.54 cm x 10 cm x 120 cm. It was determined that both drying techniques triangular and easel were not significantly different for the days of evaluation, but if there were significant differences in the natural drying at different levels of stem, showing the lower level (base) faster in the natural drying with 15.26 % moisture content, followed by 16.12 % of CH to the middle and 17.75 % for the top (apice), the day 95 assessment. We conclude that the stacking technique easel, the radial cutting plane, the level of lower stem (base) are the main factors influencing the natural drying of the "Requia". It is recommended to promote research in the thesis topic and research of this kind in different tree species.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, H. 2009. Caracterizas del Secado Natural en Apilados Caballete y Triangular de la Especies Forestal *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. "Huamanzamana" Para la Zona de Tingo María. Tesis. UNAS. Tingo María, Perú. 93 p.
- ÁLVAREZ, H., FERNÁNDEZ – GOLFÍN, J. 1992. Fundamentos Teóricos del Secado de la Madera. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid, España. p 33; 34; 124; 125.
- ANANIAS, A., GUTIÉRREZ, M. 1987. Water Diffusion in Wood. Actas VI Reunión sobre Investigación y Desarrollo en Productos Forestales, Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile. 8 p.
- ANANIAS, R. 2002. Física de la Madera. Departamento Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio - Bio, Chile. 41 p.
- ANANIAS, A., VALLEJOS, S., SALINAS, C. 2005. Estudio de la Cinética del Secado Convencional y Bajo Vacío del Pino radiata. Maderas. Ciencia y Tecnología. Universidad del Bio Bio. Concepción, Chile. 7 (01): 37 – 47.

- AROSTEGUI, A. 1970. Estudio Tecnológico de Maderas del Perú. Vol II. Métodos y Especificaciones Para Ensayos Tecnológicos con Maderas. Lima, Perú. UNA/MINA. 104 p.
- AROSTEGUI, A. 1974. Estudios Tecnológicos de Maderas del Perú. Características y Usos de la Madera de 145 Especies del país. Documento de trabajo. Lima. Perú. 57 p.
- AROSTEGUI, A. 1975. Características Tecnológicas y Uso de 145 Especies del País. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 483 p.
- AROSTEGUI, A. 1982. Recopilación y Análisis de Estudio Tecnológico de Maderas Peruanas. Documento de trabajo N0 2 PNUD/FAO 81/002. Lima, Perú. 97 p.
- ÁRROYO, J. 1983. Propiedades Físico - Mecánicas de la Madera. Universidad de los Andes. Mérida - Venezuela. 186 p.
- BÁRCENAS, G. y DÁVALOS, R. 1999. Importancia de la Lignina en las Contracciones de la Madera: Revisión Bibliográfica. Madera y Bosques, Año/Vol. 5, Número 001. Instituto de Ecología A.C. Xalapa. México. pp. 13-26.
- BRAVO, M. 1993. Anatomía y Propiedades Físicas de *Pinus radiata* D. Don en Diferentes Edades. UNCP. Huancayo, Perú. 43 p.

COORPORACION CHILENA DE LA MADERA. 2003. Manual para la Construcción de Vivienda en Madera. Capítulo I. Chile. 55 p.

CUEVAS, E. 2003. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera. Material de Apoyo en Propiedades Físicas y Mecánicas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 68 p.

DÍAZ, P. 2005. Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) Proveniente de la Zona de Cauquenes. Tesis Ing. En Industrias de la Madera. Universidad de Talca. Talca, Chile. 179 p.

GALLO. 2010. Evaluación del Secado Natural Mediante Técnicas de Apilado en Triangular y Caballete en la Especie *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex Schum. Para la Zona de Tingo María. Tesis. UNAS. Tingo María, Perú. 101 p.

GONZALES, R. 1996. Secado de Madera. UNALM. Lima, Perú. 164 p.

HERMINIO, J. 2003. Producto Regular según Conceptos de Contracciones, Contenido de Humedad, Alabeos y Grietas. Trabajo de titulación presentado como parte de los requisitos para optar el título de Ingeniero en Madera. Valdivia, Chile. 85 p.

HÖLDRIDGE, L. 1987. Ecología Basada en Zonas de Vida. San José de Costa Rica, Costa Rica. 216 p.

INDECOPI, 2004a. Instituto Nacional De Defensa De La Competencia Y La Propiedad Intelectual - INDECOPI. Selección y Colección de Muestras. Norma Técnica Peruana 251.008 Lima, Perú. 12 p.

INDECOPI, 2004b. Instituto Nacional De Defensa De La Competencia Y La Propiedad Intelectual - INDECOPI. Método de Determinación de Contenido de Humedad. Norma Técnica Peruana 251.010. Lima, Perú. 2 p.

INDECOPI, 2004c. Instituto Nacional De Defensa De La Competencia Y La Propiedad Intelectual - INDECOPI. Método de determinación de Contracción. Proyecto de Norma Técnica Peruana 251.012. Lima, Perú. 7 p.

INIA – PROMPEX. 1998. Promoción de Nuevas Especies Forestales del Perú en el Comercio Exterior. Lima, Perú.

INTA, 2001. Contenido Adecuado de Humedad para la Madera. Estación experimental Balcarce, "EE INTA" Balcarce. Buenos Aires, Argentina. 16 p.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). 1984. Manual de Secado de las Maderas del Grupo Andino. Lima, Perú. 549 p.

- MORALES, E. 2004. Humedad de Equilibrio Higroscópico y sus Valores Característicos: [En línea]: (http://www.google.com/search/humedad_de_equilibrio_higroscopico_y_sus_valores_caracteristicos, Ene. 2012)
- POMACHAGUA, J. 1993. Industria de la Madera. 1ra Edición. Huancayo, Perú. 42 p.
- RUEDA, R. 2007. NORMA TECNICA NTC COLOMBIANA 947-1: [En línea]: (http://www.footword.edu.co/mpp/html_documento, Ene. 2012)
- SALAS, M. 2005. Tecnología de la Madera. Documento Técnico N° 1, Talca, Chile. 52 p.
- SOLANO, O. 1998. Seminario sobre Diseño de Ingeniería y Proceso de Secado de Maderas Tropicales. Centro Nacional de la Madera, Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA". Medellín, Colombia. 45 p.
- TROYA, F.; SAUTUNCE, J.; BLANCO, G. 2000. Secado a la intemperie Mediante Apilado en Caballetes y Cuadrados Horizontales de *triplaris cumíngiana* Fish. Mey y *Cordia allíodora* Ruiz & Pav. Ecuador. [En línea]: (http://www.uteq.edu.ec/facultades/ambientales/pdf_documento, Ene. 2012)
- VIGNOTE, S. 2000. Tecnología de la Madera en Construcción Arquitectónica. Editorial Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Santa Cruz, Bolivia. 277 p.

VIZCARRA, S. 1998. Guía para el Secado de la Madera en Hornos. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz - Bolivia. 64 p.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Contenido de humedad de la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia".

Cuadro 19. Datos de evaluación de contenido de humedad para los tipos de apilado en triangulo y caballete por día de evaluación.

Días de E.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Árbol 1	108.27	102.75	95.90	89.59	81.24	72.95	67.17	61.39	57.71	54.02	52.54	49.64	47.52	44.32	41.11	38.89	36.68
Árbol 2	107.93	102.42	95.63	87.21	78.89	70.10	64.65	59.20	55.78	52.36	51.17	48.54	46.65	43.55	40.45	38.19	35.94
Árbol 3	92.11	88.21	83.20	77.78	71.22	64.76	60.34	55.92	53.25	50.59	49.57	47.45	45.99	43.04	40.08	38.54	37.00
Árbol 4	81.00	76.10	70.49	64.09	57.63	50.90	46.71	42.52	40.06	37.59	36.66	34.82	33.31	31.03	28.74	27.12	25.50
Árbol 5	107.3	102.5	96.6	90.7	83.9	76.0	70.6	65.2	61.6	57.9	56.8	54.1	52.0	48.7	45.4	42.9	40.3
Caballete	94.46	89.26	83.06	75.65	68.26	60.50	55.68	50.86	47.92	44.97	43.91	41.68	39.98	37.29	34.59	32.66	30.72
Triangular	102.56	97.83	91.90	86.03	78.79	71.23	66.04	60.85	57.51	54.17	52.97	50.39	48.51	45.36	42.20	40.10	38.00

Días de E.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Árbol 1	35.18	31.00	29.73	29.46	29.19	26.55	25.57	24.59	23.69	22.80	22.69	22.58	22.44	22.27	22.10	21.63	21.40
Árbol 2	34.90	30.30	28.92	28.62	28.32	25.59	24.54	23.48	22.75	22.02	22.15	22.29	21.63	21.93	22.23	21.98	21.85
Árbol 3	35.90	32.19	31.08	30.84	30.60	28.59	27.63	26.67	25.90	25.13	24.96	24.78	24.25	24.29	24.33	24.00	23.83
Árbol 4	24.91	22.08	21.24	21.05	20.87	10.86	14.25	17.64	17.15	16.66	16.89	17.12	16.66	17.00	17.35	17.23	17.17
Árbol 5	38.9	33.6	32.0	31.6	31.3	28.5	27.0	25.5	24.3	23.2	22.8	22.5	21.7	21.8	21.8	21.3	21.0
Caballete	29.90	26.19	25.08	24.84	24.60	18.23	19.39	20.56	19.95	19.34	19.52	19.70	19.15	19.47	19.79	19.60	19.51
Triangular	36.65	32.25	30.92	30.64	30.36	27.89	26.73	25.57	24.64	23.71	23.50	23.29	22.80	22.77	22.74	22.30	22.08

Continuación del Cuadro 19.

Días de E.	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Árbol 1	21.17	20.40	20.13	20.07	20.02	19.71	19.56	19.40	19.15	18.90	18.64	18.39	18.14	17.88	17.71	17.53	18.21
Árbol 2	21.73	21.09	20.87	20.82	20.77	20.56	20.45	20.35	20.11	19.88	19.65	19.41	19.18	18.95	18.85	18.76	19.56
Árbol 3	23.67	22.86	22.58	22.52	22.46	22.16	22.01	21.85	21.61	21.37	21.12	20.88	20.64	20.39	20.12	19.85	20.42
Árbol 4	17.11	16.66	16.51	16.47	16.44	16.32	16.26	16.20	16.01	15.81	15.62	15.42	15.23	15.03	14.93	14.83	15.50
Árbol 5	20.7	19.8	19.5	19.5	19.4	19.0	18.7	18.5	18.2	17.9	17.6	17.3	17.0	16.7	16.5	16.3	16.9
Caballote	19.42	18.88	18.69	18.65	18.61	18.44	18.36	18.27	18.06	17.85	17.63	17.42	17.20	16.99	16.89	16.80	17.53
Triangular	21.86	21.03	20.75	20.69	20.62	20.27	20.10	19.92	19.66	19.39	19.13	18.87	18.61	18.34	18.12	17.89	18.50

Días de E.	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
Árbol 1	18.55	18.88	18.34	17.80	17.81	17.82	17.80	17.78	17.68	17.69	17.67	17.69	17.68	17.73	17.76	17.79	17.66
Árbol 2	19.96	20.36	19.96	19.56	19.63	19.70	19.36	19.03	18.95	19.14	19.34	19.27	19.21	19.50	19.64	19.78	19.49
Árbol 3	20.71	20.99	20.52	20.04	19.98	19.92	19.87	19.83	19.75	19.70	19.65	19.66	19.67	19.81	19.87	19.94	19.70
Árbol 4	15.83	16.16	15.81	15.46	15.48	15.50	15.32	15.14	15.04	15.17	15.31	15.26	15.20	15.40	15.50	15.60	15.48
Árbol 5	17.1	17.4	17.0	16.5	16.4	16.3	16.2	16.1	16.4	16.4	16.5	16.4	16.3	16.5	16.6	16.6	16.5
Caballote	17.90	18.26	17.89	17.51	17.55	17.60	17.34	17.08	17.00	17.16	17.32	17.26	17.21	17.45	17.57	17.69	17.49
Triangular	18.80	19.10	18.61	18.11	18.06	18.01	17.96	17.91	17.94	17.94	17.94	17.92	17.90	18.01	18.06	18.12	17.95

Continuación del Cuadro 19.

Días de E.	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Árbol 1	17.30	17.23	17.20	17.16	17.52	17.70	17.87	18.15	18.29	18.43	18.25	18.07	17.88	17.70	17.52	17.47	17.42
Árbol 2	19.04	18.97	18.93	18.90	19.30	19.49	19.69	19.88	19.98	20.07	19.88	19.70	19.51	19.32	19.13	19.13	19.14
Árbol 3	19.47	19.42	19.40	19.38	19.70	19.86	20.02	20.23	20.34	20.44	20.31	20.18	20.05	19.92	19.79	19.74	19.70
Árbol 4	15.11	15.04	15.01	14.97	15.32	15.49	15.67	15.84	15.92	16.01	15.85	15.70	15.55	15.39	15.24	15.24	15.24
Árbol 5	16.1	16.1	16.0	16.0	16.3	16.5	16.7	16.9	17.1	17.2	17.0	16.8	16.5	16.3	16.1	16.1	16.0
Caballote	17.07	17.00	16.97	16.93	17.31	17.49	17.68	17.86	17.95	18.04	17.87	17.70	17.53	17.36	17.19	17.19	17.19
Triangular	17.62	17.57	17.55	17.52	17.85	18.02	18.19	18.44	18.56	18.69	18.51	18.33	18.16	17.98	17.81	17.76	17.72

Días de E.	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Árbol 1	17.37	17.33	17.28	17.24	17.19	17.14	17.10	17.05	17.01	16.96	16.92
Árbol 2	19.14	19.14	19.14	19.10	19.05	19.01	18.96	18.92	18.87	18.83	18.78
Árbol 3	19.65	19.61	19.56	19.50	19.43	19.37	19.31	19.25	19.18	19.12	19.06
Árbol 4	15.24	15.23	15.23	15.17	15.11	15.05	14.99	14.93	14.87	14.81	14.76
Árbol 5	16.0	16.0	16.0	15.9	15.8	15.8	15.7	15.6	15.6	15.5	15.4
Caballote	17.19	17.19	17.19	17.14	17.08	17.03	16.98	16.93	16.87	16.82	16.77
Triangular	17.68	17.64	17.60	17.54	17.48	17.43	17.37	17.31	17.25	17.20	17.14

Cuadro 20. Datos de evaluación de contenido de humedad para los planos de corte radial y tangencial por día de evaluación.

Días de E.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Árbol 1	108.47	102.93	96.01	89.45	80.92	72.30	66.33	60.36	56.58	52.81	51.29	48.27	46.11	42.82	39.53	37.30	35.07
Árbol 2	108.23	102.54	95.48	86.89	78.45	69.48	63.90	58.32	54.80	51.29	50.07	47.38	45.44	42.29	39.15	36.87	34.60
Árbol 3	93.18	89.03	83.80	78.22	71.42	64.62	59.97	55.33	52.59	49.86	48.83	46.62	44.99	42.29	39.58	37.79	36.01
Árbol 4	81.22	76.27	70.69	64.22	57.63	50.86	46.62	42.37	39.87	37.36	36.41	34.55	33.03	30.72	28.41	26.78	25.16
Árbol 5	107.61	102.82	96.92	90.83	84.15	75.90	70.36	64.83	61.00	57.18	56.03	53.14	50.98	47.55	44.13	41.50	38.87
Árbol 1	108.06	102.67	95.94	89.60	81.32	73.18	67.56	61.94	58.38	54.81	53.37	50.48	48.44	45.31	42.17	39.97	37.77
Árbol 2	108.08	102.50	95.85	87.59	79.38	70.64	65.25	59.86	56.48	53.09	51.95	49.35	47.49	44.41	41.32	39.11	36.90
Árbol 3	91.48	87.64	82.72	77.41	71.08	64.60	60.19	55.78	53.12	50.45	49.43	47.34	45.92	42.91	39.91	38.44	36.98
Árbol 4	81.05	76.25	70.72	64.32	58.02	51.49	47.31	43.13	40.71	38.29	37.38	35.48	33.95	31.65	29.34	27.67	26.01
Árbol 5	106.98	102.16	96.15	90.43	83.55	75.77	70.43	65.09	61.44	57.80	56.76	54.09	52.08	48.91	45.75	43.18	40.62
Tangencial	99.74	94.71	88.58	81.92	74.51	66.63	61.44	56.24	52.97	49.70	48.53	45.99	44.11	41.13	38.16	36.05	33.94
Radial	99.13	94.24	88.27	81.87	74.67	67.14	62.15	57.16	54.02	50.89	49.78	47.35	45.58	42.64	39.70	37.68	35.66

Continuación del Cuadro 20.

Días de E.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Árbol 1	33.62	29.58	28.37	28.11	27.85	25.31	24.42	23.54	22.76	21.98	21.98	21.97	22.01	21.89	21.77	21.38	21.19
Árbol 2	33.57	28.99	27.62	27.32	27.03	24.35	23.38	22.41	21.81	21.21	21.45	21.70	21.12	21.51	21.90	21.73	21.64
Árbol 3	34.85	31.23	30.14	29.90	29.67	27.78	26.93	26.08	25.44	24.80	24.76	24.72	24.29	24.42	24.55	24.34	24.24
Árbol 4	24.57	21.79	20.96	20.78	20.60	9.99	13.73	17.48	17.02	16.57	16.84	17.11	16.69	17.06	17.43	17.35	17.31
Árbol 5	37.38	31.96	30.32	29.97	29.62	26.93	25.43	23.93	22.87	21.81	21.56	21.30	20.61	20.70	20.78	20.31	20.08
Árbol 1	36.20	31.89	30.58	30.30	30.02	27.39	26.31	25.22	24.29	23.36	23.20	23.05	22.93	22.68	22.43	21.94	21.69
Árbol 2	35.80	31.13	29.73	29.42	29.12	26.31	25.19	24.06	23.25	22.44	22.51	22.57	21.89	22.14	22.38	22.12	21.98
Árbol 3	35.83	32.09	30.97	30.73	30.49	28.50	27.49	26.49	25.69	24.89	24.67	24.45	23.89	23.90	23.90	23.54	23.35
Árbol 4	25.39	22.37	21.47	21.27	21.08	8.80	13.22	17.63	17.06	16.49	16.70	16.91	16.41	16.72	17.03	16.89	16.83
Árbol 5	39.15	33.95	32.39	32.05	31.72	28.93	27.39	25.85	24.64	23.44	23.03	22.63	21.85	21.85	21.85	21.30	21.02
Tangencial	32.80	28.71	27.48	27.22	26.95	22.87	22.78	22.69	21.98	21.27	21.32	21.36	20.94	21.11	21.28	21.02	20.89
Radial	34.47	30.29	29.03	28.76	28.48	23.99	23.92	23.85	22.99	22.12	22.02	21.92	21.39	21.46	21.52	21.16	20.97

Continuación del Cuadro 20.

Días de E.	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Árbol 1	20.99	20.33	20.10	20.05	20.00	19.77	19.65	19.53	19.29	19.05	18.81	18.57	18.33	18.09	17.93	17.78	18.49
Árbol 2	21.56	21.02	20.84	20.80	20.76	20.57	20.48	20.39	20.17	19.94	19.72	19.50	19.27	19.05	18.97	18.89	19.71
Árbol 3	24.14	23.43	23.18	23.13	23.08	22.86	22.76	22.65	22.43	22.21	21.99	21.77	21.54	21.32	21.07	20.82	21.43
Árbol 4	17.27	16.86	16.72	16.69	16.65	16.55	16.50	16.45	16.26	16.06	15.87	15.68	15.49	15.29	15.19	15.09	15.76
Árbol 5	19.85	19.03	18.75	18.69	18.63	18.23	18.04	17.84	17.56	17.28	17.00	16.72	16.44	16.16	15.96	15.75	16.33
Árbol 1	21.44	20.62	20.33	20.27	20.21	19.87	19.70	19.52	19.27	19.01	18.76	18.50	18.25	17.99	17.81	17.64	18.29
Árbol 2	21.85	21.18	20.95	20.90	20.85	20.63	20.51	20.40	20.16	19.92	19.67	19.43	19.19	18.95	18.86	18.76	19.56
Árbol 3	23.17	22.35	22.06	22.00	21.94	21.61	21.44	21.28	21.03	20.79	20.54	20.30	20.05	19.81	19.52	19.24	19.79
Árbol 4	16.76	16.28	16.11	16.07	16.04	15.90	15.83	15.76	15.57	15.37	15.18	14.99	14.80	14.61	14.50	14.39	15.05
Árbol 5	20.74	19.80	19.47	19.40	19.33	18.88	18.65	18.43	18.12	17.82	17.52	17.22	16.92	16.61	16.38	16.15	16.70
Tangencial	20.76	20.14	19.92	19.87	19.82	19.60	19.49	19.37	19.14	18.91	18.68	18.45	18.21	17.98	17.83	17.67	18.34
Radial	20.79	20.05	19.79	19.73	19.67	19.38	19.23	19.08	18.83	18.58	18.34	18.09	17.84	17.60	17.42	17.23	17.88

Continuación del Cuadro 20.

Días de E.	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
Árbol 1	18.84	19.19	18.64	18.09	18.11	18.14	18.12	18.10	18.01	18.02	18.01	18.02	18.01	18.08	18.11	18.15	18.01
Árbol 2	20.12	20.53	20.11	19.70	19.78	19.86	19.53	19.19	19.13	19.32	19.51	19.44	19.37	19.66	19.81	19.95	19.65
Árbol 3	21.74	22.05	21.56	21.06	21.02	20.98	20.95	20.92	20.85	20.78	20.72	20.74	20.75	20.89	20.96	21.03	20.79
Árbol 4	16.10	16.44	16.09	15.74	15.76	15.78	15.60	15.42	15.32	15.46	15.59	15.54	15.48	15.68	15.78	15.89	15.76
Árbol 5	16.61	16.90	16.45	16.00	15.90	15.80	15.72	15.65	16.01	16.07	16.12	16.05	15.99	16.13	16.20	16.27	16.13
Árbol 1	18.62	18.95	18.42	17.89	17.89	17.90	17.87	17.84	17.75	17.76	17.74	17.76	17.75	17.81	17.84	17.87	17.74
Árbol 2	19.95	20.35	19.95	19.55	19.62	19.69	19.36	19.02	18.96	19.14	19.32	19.26	19.19	19.48	19.63	19.77	19.49
Árbol 3	20.07	20.35	19.89	19.42	19.35	19.28	19.24	19.20	19.12	19.07	19.01	19.03	19.04	19.17	19.24	19.31	19.07
Árbol 4	15.38	15.72	15.37	15.03	15.04	15.05	14.88	14.71	14.60	14.73	14.86	14.81	14.76	14.96	15.07	15.17	15.05
Árbol 5	16.97	17.25	16.79	16.33	16.21	16.08	16.01	15.94	16.27	16.31	16.35	16.28	16.20	16.35	16.42	16.49	16.37
Tangencial	18.68	19.02	18.57	18.12	18.12	18.11	17.98	17.86	17.86	17.93	17.99	17.96	17.92	18.09	18.17	18.26	18.07
Radial	18.20	18.52	18.08	17.64	17.62	17.60	17.47	17.34	17.34	17.40	17.46	17.43	17.39	17.56	17.64	17.72	17.54

Continuación del Cuadro 20.

Días de E.	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Árbol 1	17.65	17.58	17.54	17.51	17.86	18.04	18.22	18.50	18.64	18.78	18.59	18.40	18.22	18.03	17.85	17.80	17.74
Árbol 2	19.20	19.13	19.10	19.06	19.46	19.66	19.87	20.08	20.19	20.29	20.09	19.89	19.69	19.49	19.29	19.30	19.31
Árbol 3	20.51	20.48	20.46	20.44	20.76	20.92	21.08	21.30	21.41	21.53	21.40	21.28	21.15	21.03	20.90	20.86	20.82
Árbol 4	15.39	15.32	15.28	15.25	15.60	15.77	15.95	16.12	16.20	16.28	16.13	15.97	15.81	15.66	15.50	15.49	15.49
Árbol 5	15.72	15.69	15.67	15.65	15.97	16.14	16.30	16.56	16.70	16.83	16.59	16.36	16.12	15.89	15.65	15.62	15.59
Árbol 1	17.39	17.32	17.29	17.26	17.61	17.78	17.96	18.24	18.38	18.51	18.32	18.13	17.94	17.75	17.56	17.51	17.46
Árbol 2	19.04	18.97	18.93	18.90	19.30	19.50	19.71	19.87	19.95	20.03	19.84	19.66	19.47	19.29	19.10	19.11	19.11
Árbol 3	18.82	18.78	18.76	18.74	19.06	19.21	19.37	19.57	19.68	19.78	19.65	19.51	19.38	19.25	19.11	19.07	19.02
Árbol 4	14.65	14.59	14.55	14.52	14.89	15.07	15.25	15.41	15.49	15.57	15.42	15.28	15.13	14.99	14.84	14.83	14.82
Árbol 5	15.97	15.93	15.91	15.89	16.20	16.36	16.52	16.78	16.92	17.05	16.83	16.61	16.39	16.18	15.96	15.92	15.88
Tangencial	17.70	17.64	17.61	17.58	17.93	18.11	18.28	18.51	18.63	18.74	18.56	18.38	18.20	18.02	17.84	17.81	17.79
Radial	17.18	17.12	17.09	17.06	17.41	17.59	17.76	17.97	18.08	18.19	18.01	17.84	17.66	17.49	17.31	17.29	17.26

Continuación del Cuadro 20.

Días de E.	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Árbol 1	17.69	17.64	17.59	17.55	17.52	17.49	17.45	17.42	17.39	17.35	17.32
Árbol 2	19.32	19.33	19.33	19.29	19.25	19.20	19.16	19.12	19.07	19.03	18.99
Árbol 3	20.78	20.74	20.70	20.63	20.57	20.50	20.44	20.37	20.31	20.25	20.18
Árbol 4	15.48	15.47	15.47	15.41	15.35	15.30	15.24	15.19	15.13	15.07	15.02
Árbol 5	15.56	15.52	15.49	15.44	15.39	15.34	15.28	15.23	15.18	15.13	15.08
Árbol 1	17.40	17.35	17.30	17.26	17.21	17.17	17.12	17.07	17.03	16.98	16.94
Árbol 2	19.11	19.11	19.12	19.07	19.02	18.97	18.93	18.88	18.83	18.79	18.74
Árbol 3	18.97	18.93	18.88	18.82	18.75	18.69	18.63	18.56	18.50	18.43	18.37
Árbol 4	14.81	14.80	14.80	14.74	14.68	14.62	14.57	14.51	14.45	14.39	14.34
Árbol 5	15.84	15.81	15.77	15.71	15.65	15.59	15.53	15.47	15.41	15.35	15.28
Tangencial	17.77	17.74	17.72	17.67	17.62	17.57	17.52	17.47	17.42	17.37	17.32
Radial	17.23	17.20	17.17	17.12	17.06	17.01	16.95	16.90	16.84	16.79	16.73

Anexo 2. Contracción en los planos de corte tangencial y radial para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia".

Cuadro 21. Datos de medidas de contracción para el árbol 1.

Códigos	Del 15 - Abril		Al 20 - Agust.		Contracción		Contracción	
	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor	Tangencial	Radial	Tangencial	Radial
1BR1a	101.2	25.22	100.83	24.97	0.99	0.37	1.24	0.47
1BR1b	101.2	25.43	100.61	25.05	1.49	0.58		
1BR2a	101.47	24.22	101.07	23.72	2.06	0.39	1.56	0.40
1BR2b	101.37	24.77	100.95	24.51	1.05	0.41		
Promedio							1.40	0.44
1BT1a	100.59	24.45	99.32	24.31	1.26	0.57	1.35	0.66
1BT1b	100.06	25.4	98.63	25.21	1.43	0.75		
1BT2a	100.45	25.51	99.29	25.41	1.15	0.39	1.49	0.86
1BT2b	100.29	25.6	98.46	25.26	1.82	1.33		
1BT3a	100.33	25.4	98.56	25.18	1.76	0.87	1.41	0.83
1BT3b	100.72	25.47	99.66	25.27	1.05	0.79		
1BT4a	100.62	25.56	98.81	25.51	1.80	0.20	1.51	0.23
1BT4b	100.86	25.58	99.62	25.51	1.23	0.27		
Promedio							1.44	0.65
1MR1a	101.5	24.86	101.12	24.56	1.21	0.37	0.86	1.67
1MR1b	101.5	25.3	98.5	25.17	0.51	2.96		
1MR2a	101.5	25.13	100.95	24.62	2.03	0.54	1.90	0.48
1MR2b	101.42	25.35	100.99	24.9	1.78	0.42		
Promedio							1.38	1.07
1MT1a	100.84	25.15	98.83	25.05	1.99	0.40	1.68	0.38
1MT1b	101.02	25.18	99.64	25.09	1.37	0.36		
1MT2a	100.2	25.59	98.89	25.56	1.31	0.12	1.15	0.18
1MT2b	100.43	25.42	99.44	25.36	0.99	0.24		
1MT3a	100.32	25.6	98.95	25.54	1.37	0.23	1.22	0.28
1MT3b	100.02	25.31	98.95	25.23	1.07	0.32		
Promedio							1.35	0.28
1AR1a	101.4	25.41	100.71	25.26	0.59	0.68	1.31	0.40
1AR1b	101.57	24.24	101.45	23.75	2.02	0.12		
Promedio							1.31	0.40
1AT1a	100.49	25.22	99	25.22	1.48	0.00	1.32	0.06
1AT1b	100.56	25.25	99.39	25.22	1.16	0.12		
1AT2a	99.08	25.62	98.13	25.59	0.96	0.12	0.96	0.20
1AT2b	100.78	25.27	99.82	25.2	0.95	0.28		
Promedio							1.14	0.13

Cuadro 22. Datos de medidas de contracción para el árbol 2.

Códigos	Del 15 - Abril		Al 20 - Agust.		Contracción		Contracción	
	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor	Tangencial	Radial	Tangencial	Radial
2BR1a	101.7	25.26	100.85	24.46	3.17	0.84	2.33	0.82
2BR1b	101.12	25.45	100.31	25.07	1.49	0.80		
2BR2a	101.57	24.86	100.7	24.27	2.37	0.86	2.17	0.72
2BR2b	101.74	25.3	101.15	24.8	1.98	0.58		
Promedio							2.25	0.77
2BT1a	101.15	25.36	99	24.95	2.13	1.62	2.24	1.40
2BT1b	101.09	25.17	98.72	24.87	2.34	1.19		
2BT2a	100.55	25.51	98.9	25.05	1.64	1.80	1.97	1.74
2BT2b	101.47	25.53	99.14	25.1	2.30	1.68		
2BT3a	101.44	25.48	99.83	25.27	1.59	0.82	1.37	0.92
2BT3b	100.98	25.66	99.81	25.4	1.16	1.01		
2BT4a	101.13	25.13	99.64	24.58	1.47	2.19	1.55	1.56
2BT4b	100.69	25.51	99.05	25.27	1.63	0.94		
Promedio							1.78	1.41
2MR1a	101.39	24.84	100.7	24.42	1.69	0.68	1.85	0.65
2MR1b	101.76	24.77	101.13	24.27	2.02	0.62		
Promedio							1.85	0.65
2MT1a	101.15	24.85	99.4	24.76	1.73	0.36	1.51	0.36
2MT1b	101.28	25.27	99.97	25.18	1.29	0.36		
2MT2a	101.04	25.15	99.9	24.96	1.13	0.76	1.45	0.69
2MT2b	101.16	25.28	99.37	25.12	1.77	0.63		
2MT3a	101.09	25.31	99.15	24.96	1.92	1.38	1.98	1.47
2MT3b	101.26	24.97	99.19	24.58	2.04	1.56		
Promedio							1.65	0.84
2AR1a	101.52	25.05	100.43	24.47	2.32	1.07	2.01	1.00
2AR1b	101.72	25.21	100.78	24.78	1.71	0.92		
Promedio							2.01	1.00
2AT1a	101.09	24.77	99.57	24.73	1.50	0.16	1.67	0.44
2AT1b	101.07	24.81	99.22	24.63	1.83	0.73		
2AT2a	101.07	25.45	100.03	25.36	1.03	0.35	1.42	0.49
2AT2b	101.28	25.48	99.44	25.32	1.82	0.63		
Promedio							1.54	0.47

Cuadro 23. Datos de medidas de contracción para el árbol 3.

Códigos	Del 15 - Abril		Al 20 - Agust.		Contracción		Contracción	
	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor	Tangencial	Radial	Tangencial	Radial
3BR1a	101.19	24.92	99.85	24.45	1.89	1.32	2.49	1.04
3BR1b	101.29	24.92	100.52	24.15	3.09	0.76		
3BR2a	101.15	25.42	100.23	24.63	3.11	0.91	3.06	1.20
3BR2b	101.17	24.97	99.66	24.22	3.00	1.49		
3BR3a	101.18	24.18	99.98	23.62	2.32	1.19	2.29	0.83
3BR3b	101.64	25.19	101.16	24.62	2.26	0.47		
3BR4a	101.57	25.41	100.7	24.81	2.36	0.86	1.96	0.87
3BR4b	101.11	24.34	100.22	23.96	1.56	0.88		
Promedio							2.45	0.99
3BT1a	101.8	25.6	98.93	25.2	2.82	1.56	2.63	1.00
3BT1b	100.73	24.98	98.28	24.87	2.43	0.44		
3BT2a	100.73	25.19	98.73	25.14	1.99	0.20	1.97	0.95
3BT2b	100.18	24.74	98.22	24.32	1.96	1.70		
3BT3a	100.5	24.98	98.01	24.96	2.48	0.08	2.19	0.33
3BT3b	100.33	25.6	98.42	25.45	1.90	0.59		
3BT4a	101.91	25.35	99.02	25.32	2.84	0.12	3.01	0.63
3BT4b	101.75	23.78	98.51	23.51	3.18	1.14		
Promedio							2.45	0.73
3MR1a	101.81	25.31	100.56	24.66	2.57	1.23	2.46	1.18
3MR1b	101.13	25.53	99.99	24.93	2.35	1.13		
Promedio							2.46	1.18
3MT1a	101.97	25.38	98.94	25.24	2.97	0.55	2.58	0.69
3MT1b	101.38	25.52	99.17	25.31	2.18	0.82		
3MT2a	101.01	25.61	98.78	25.49	2.21	0.47	2.20	0.59
3MT2b	100.9	25.32	98.69	25.14	2.19	0.71		
3MT3a	100.87	25.21	98.95	25.17	1.90	0.16	2.10	0.48
3MT3b	101.12	25.06	98.79	24.86	2.30	0.80		
3MT4a	100.91	25.5	98.85	25.24	2.04	1.02	2.38	0.57
3MT4b	101.5	25.46	98.74	25.43	2.72	0.12		
Promedio							2.31	0.58
3AR1a	101.34	25.4	100.51	24.83	2.24	0.82	2.34	0.86
3AR1b	101.28	24.6	100.36	24	2.44	0.91		
Promedio							2.34	0.86
3AT1a	101.6	25.38	99.37	25.14	2.19	0.95	2.63	1.14
3AT1b	101.63	25.34	98.52	25	3.06	1.34		
3AT2a	101.11	25.45	99.03	25.27	2.06	0.71	1.91	0.71
3AT2b	100.93	25.43	99.15	25.25	1.76	0.71		
Promedio							2.27	0.93

Cuadro 24. Datos de medidas de contracción para el árbol 4.

Códigos	Del 15 - Abril		Al 20 - Agust.		Contracción		Contracción	
	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor	Tangencial	Radial	Tangencial	Radial
4BR1a	101.47	25.56	100.51	24.92	2.50	0.95	2.41	0.91
4BR1b	101.65	25.5	100.77	24.91	2.31	0.87		
Promedio							2.41	0.91
4BT1a	100.46	25.14	100.06	24.98	0.40	0.64	1.06	0.78
4BT1b	101.29	24.89	99.54	24.66	1.73	0.92		
4BT2a	100.61	25.43	99.8	25.23	0.81	0.79	1.36	0.83
4BT2b	101.17	25.45	99.23	25.23	1.92	0.86		
4BT3a	100.89	25.43	99.06	25.28	1.81	0.59	2.10	0.63
4BT3b	100.42	25.62	98.03	25.45	2.38	0.66		
4BT4a	101.55	23.81	100.75	23.73	0.79	0.34	1.17	0.80
4BT4b	101.17	25.3	99.6	24.98	1.55	1.26		
Promedio							1.42	0.76
4MR1a	101.51	24.79	100.89	24.67	0.48	0.61	1.08	0.78
4MR1b	101.44	25.08	100.47	24.66	1.67	0.96		
Promedio							1.08	0.78
4MT1a	101.09	25.63	99.82	25.45	1.26	0.70	1.85	0.76
4MT1b	100.98	25.54	98.52	25.33	2.44	0.82		
4MT2a	100.94	25.01	98.37	24.88	2.55	0.52	1.82	0.52
4MT2b	100.95	25.01	99.85	24.88	1.09	0.52		
4MT3a	100.85	25.14	99.02	24.95	1.81	0.76	1.86	0.40
4MT3b	101.12	25.62	99.19	25.61	1.91	0.04		
4MT4a	100.85	24.47	98.83	24.22	2.00	1.02	1.83	0.81
4MT4b	100.72	25.12	99.05	24.97	1.66	0.60		
Promedio							1.84	0.62
4AR1a	101.12	25.38	100.15	25.04	1.34	0.96	1.61	0.96
4AR1b	101.12	25.48	100.15	25	1.88	0.96		
Promedio							1.61	0.96
4AT1a	100.97	25.18	99.44	24.91	1.52	1.07	2.09	1.10
4AT1b	101.06	24.95	98.37	24.67	2.66	1.12		
4AT2a	101.22	23.98	100.1	23.91	1.11	0.29	1.46	0.62
4AT2b	101.17	25.44	99.33	25.2	1.82	0.94		
4AT3a	101.17	24.32	99.32	24.27	1.83	0.21	1.58	0.26
4AT3b	100.57	25.61	99.24	25.53	1.32	0.31		
Promedio							1.71	0.66

Cuadro 25. Datos de medidas de contracción para el árbol 5.

Códigos	Del 15 - Abril		Al 20 - Agust.		Contracción		Contracción	
	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor	Tangencial	Radial	Tangencial	Radial
5BR1a	101.59	25.23	100.89	24.93	1.19	0.69	1.85	0.70
5BR1b	101.44	23.93	100.71	23.33	2.51	0.72		
5BR2a	101.54	24.9	100.94	24.19	2.85	0.59	2.98	0.60
5BR2b	101.53	25.07	100.91	24.29	3.11	0.61		
5BR3a	100.5	25.27	99.94	24.74	2.10	0.56	1.86	0.53
5BR3b	100.48	25.23	99.97	24.82	1.63	0.51		
5BR4a	101.12	25.49	98.65	24.77	2.82	2.44	2.78	1.47
5BR4b	100.32	25.26	99.82	24.57	2.73	0.50		
Promedio							2.37	0.83
5BT1a	100.67	24.53	99.45	24.53	1.21	0.00	2.14	0.44
5BT1b	100.94	25.01	97.85	24.79	3.06	0.88		
5BT2a	100.85	25.44	99.05	25.32	1.78	0.47	1.83	0.75
5BT2b	101.29	25.16	99.39	24.9	1.88	1.03		
5BT3a	101.14	25.51	99.25	25.37	1.87	0.55	1.80	0.49
5BT3b	100.83	25.56	99.08	25.45	1.74	0.43		
5BT4a	100.74	25.23	98.27	25.14	2.45	0.36	1.74	0.62
5BT4b	101.45	25	100.41	24.78	1.03	0.88		
5BT5a	101.12	25.51	99.81	25.47	1.30	0.16	1.82	0.20
5BT5b	100.8	25.54	98.43	25.48	2.35	0.23		
Promedio							1.87	0.50
5MR1a	100.91	25.11	100.2	24.9	0.84	0.70	1.76	0.75
5MR1b	100.4	25.25	99.61	24.57	2.69	0.79		
5MR2a	101.47	25.41	100.72	24.86	2.16	0.74	1.84	0.69
5MR2b	101.46	25.22	100.8	24.84	1.51	0.65		
Promedio							1.80	0.72
5MT1a	100.87	25.26	99.42	25.13	1.44	0.51	1.47	0.55
5MT1b	100.99	24.11	99.48	23.97	1.50	0.58		
5MT2a	101.19	25.32	99.77	25.16	1.40	0.63	1.64	0.78
5MT2b	100.72	25.73	98.83	25.49	1.88	0.93		
5MT3a	100.92	25.04	99.35	24.79	1.56	1.00	1.72	0.54
5MT3b	101.13	25.02	99.22	25	1.89	0.08		
5MT4a	101.04	25.42	98.98	25.26	2.04	0.63	2.44	0.55
5MT4b	101.1	25.26	98.23	25.14	2.84	0.48		
Promedio							1.82	0.61
5AR1a	101.64	25.15	100.92	24.78	1.47	0.71	1.70	0.72
5AR1b	101.85	25.4	101.1	24.91	1.93	0.74		
5AR2a	100.94	25.22	99.51	24.89	1.31	1.42	1.53	0.99
5AR2b	101.31	25.2	100.74	24.76	1.75	0.56		
Promedio							1.61	0.86

Continuación del Cuadro 25.

5AT1a	100.92	25.43	98.55	25.15	2.35	1.10	2.07	0.83
5AT1b	100.96	25.06	99.16	24.92	1.78	0.56		
5AT2a	101.24	25.03	99.73	24.97	1.49	0.24	1.78	0.63
5AT2b	101.29	25.27	99.19	25.01	2.07	1.03		
5AT3a	100.92	25.42	99.02	25.31	1.88	0.43	1.62	0.43
5AT3b	100.94	25.2	99.58	25.09	1.35	0.44		
Promedio							1.82	0.63

Anexo 3. Evaluación de defectos y deformaciones para la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia".

Cuadro 26. Datos de evaluación de defectos y deformaciones en porcentaje.

GODIGOS	ARQUEADURA	ABARQUILLADO	ENCORVADURA	TORCEDURA	RAJADURA	GRIETAS
1BR1	0.0%	0.0%	0.2%	0.4%	0.0%	0.0%
1BR2	0.3%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
1BT1	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1BT2	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1BT3	0.2%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
1BT4	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%
1MR1	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1MR2	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
1MT1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1MT2	0.5%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
1MT3	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1AR1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1AT1	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1AT2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2BR1	0.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
2BR2	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
2BT1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2BT2	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2BT3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2BT4	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2MR1	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
2MT1	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
2MT2	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
2MT3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2AR1	0.3%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%
2AT1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2AT2	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%

Continuación del Cuadro 26.

3BR1	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	1.8%
3BR2	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
3BR3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.4%	0.0%
3BR4	0.4%	0.0%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%
3BT1	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
3BT2	0.4%	0.0%	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%
3BT3	0.3%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
3BT4	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	6.8%	2.8%
3MR1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.7%	0.0%
3MT1	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3MT2	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
3MT3	0.5%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%
3MT4	0.4%	0.0%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%
3AR1	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3AT1	0.7%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
3AT2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4BR1	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4BT1	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	5.1%	0.0%
4BT2	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%	2.3%	0.0%
4BT3	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
4BT4	0.6%	0.0%	0.4%	0.0%	2.4%	0.0%
4MR1	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
4MT1	0.6%	0.0%	0.2%	0.0%	5.1%	0.0%
4MT2	0.5%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
4MT3	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4MT4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4AR1	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
4AT1	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
4AT2	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
4AT3	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%
5BR1	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5BR2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5BR3	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	28.3%	11.3%
5BR4	0.3%	0.1%	0.3%	0.0%	12.7%	0.0%
5BT1	0.4%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
5BT2	0.3%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
5BT3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5BT4	0.4%	0.0%	0.2%	0.0%	3.6%	0.0%
5BT5	0.5%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
5MR1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5MR2	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
5MT1	0.2%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%

Continuación del Cuadro 26.

5MT2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5MT3	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5MT4	0.4%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
5AR1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5AR2	0.2%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
5AT1	0.7%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
5AT2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.9%
5AT3	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Cuadro 27. Datos de evaluación de defectos y deformaciones en de acuerdo al criterio de clasificación visual.

GODIGOS	ARQUEADURA	ABARQUILLADO	ENCORVADURA	TORCEDURA	RAJADURA	GRIETAS
1BR1	A	A	B	B	A	A
1BR2	B	A	B	A	A	A
1BT1	B	A	A	A	A	A
1BT2	B	A	A	A	A	A
1BT3	B	A	B	A	A	A
1BT4	A	A	B	B	A	A
1MR1	B	A	A	A	A	A
1MR2	A	A	B	A	A	A
1MT1	A	A	A	A	A	A
1MT2	B	A	B	A	A	A
1MT3	B	A	A	A	A	A
1AR1	A	A	A	A	A	A
1AT1	B	A	A	A	A	A
1AT2	A	A	A	A	A	A
2BR1	B	A	B	A	A	A
2BR2	A	A	B	A	A	A
2BT1	A	A	A	A	A	A
2BT2	B	A	A	A	A	A
2BT3	A	A	A	A	A	A
2BT4	B	A	A	A	A	A
2MR1	A	A	B	A	A	A
2MT1	B	A	A	B	A	A
2MT2	A	A	B	A	A	A
2MT3	A	A	A	A	A	A
2AR1	B	A	B	A	A	A
2AT1	A	A	A	A	A	A
2AT2	B	A	A	A	B	A
3BR1	A	A	B	A	A	B

Continuación del Cuadro 27.

3BR2	A	A	B	A	A	A
3BR3	A	A	A	A	B	A
3BR4	B	A	B	B	A	A
3BT1	A	A	A	B	A	A
3BT2	B	A	B	B	A	A
3BT3	B	A	B	A	A	A
3BT4	B	A	A	A	C	B
3MR1	A	A	A	A	C	A
3MT1	B	A	A	A	A	A
3MT2	A	A	A	B	A	A
3MT3	B	A	B	B	A	A
3MT4	B	A	B	B	A	A
3AR1	B	A	A	A	A	A
3AT1	B	A	A	B	A	A
3AT2	A	A	A	A	A	A
4BR1	B	A	A	A	A	A
4BT1	A	A	B	A	C	A
4BT2	B	A	B	A	B	A
4BT3	B	A	B	A	A	A
4BT4	B	A	B	A	B	A
4MR1	A	A	B	A	A	A
4MT1	B	A	B	A	C	A
4MT2	B	A	A	B	A	A
4MT3	B	A	A	A	A	A
4MT4	A	A	A	A	A	A
4AR1	A	A	B	A	A	A
4AT1	A	A	B	A	A	A
4AT2	A	A	B	A	A	A
4AT3	A	A	B	A	A	A
5BR1	B	A	A	A	A	A
5BR2	A	A	A	A	A	A
5BR3	A	A	B	A	D	D
5BR4	B	B	B	A	D	A
5BT1	B	A	B	A	A	A
5BT2	B	A	B	A	A	A
5BT3	A	A	A	A	A	A
5BT4	B	A	B	A	B	A
5BT5	B	A	A	B	A	A
5MR1	A	A	A	A	A	A
5MR2	A	A	B	A	A	A
5MT1	B	A	B	A	A	A
5MT2	A	A	A	A	A	A

Continuación del Cuadro 27.

5MT3	B	A	A	A	A	A
5MT4	B	A	B	A	A	A
5AR1	A	A	A	A	A	A
5AR2	B	A	B	A	A	A
5AT1	B	B	B	A	A	A
5AT2	A	A	A	A	A	C
5AT3	B	A	A	A	A	A

Anexo 3. Galería fotográfica del proceso de la investigación realizada.



Figura 23. Ubicación y limpieza del árbol a extraer de la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia".



Figura 24. Apeo o tala de la especie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. "Requia".



Figura 25. Corte de muestras según la orientación radial o tangencial.



Figura 26. Traslado de trozas para su posterior aserrado.



Figura 27. Marcación de trozas antes de ser aserradas.



Figura 29. Aserrado de trozas para obtención de probetas.



Figura 29. Proceso de calibración de probetas para obtención de sus determinadas dimensiones.



Figura 30. Evaluación del peso de probetas.



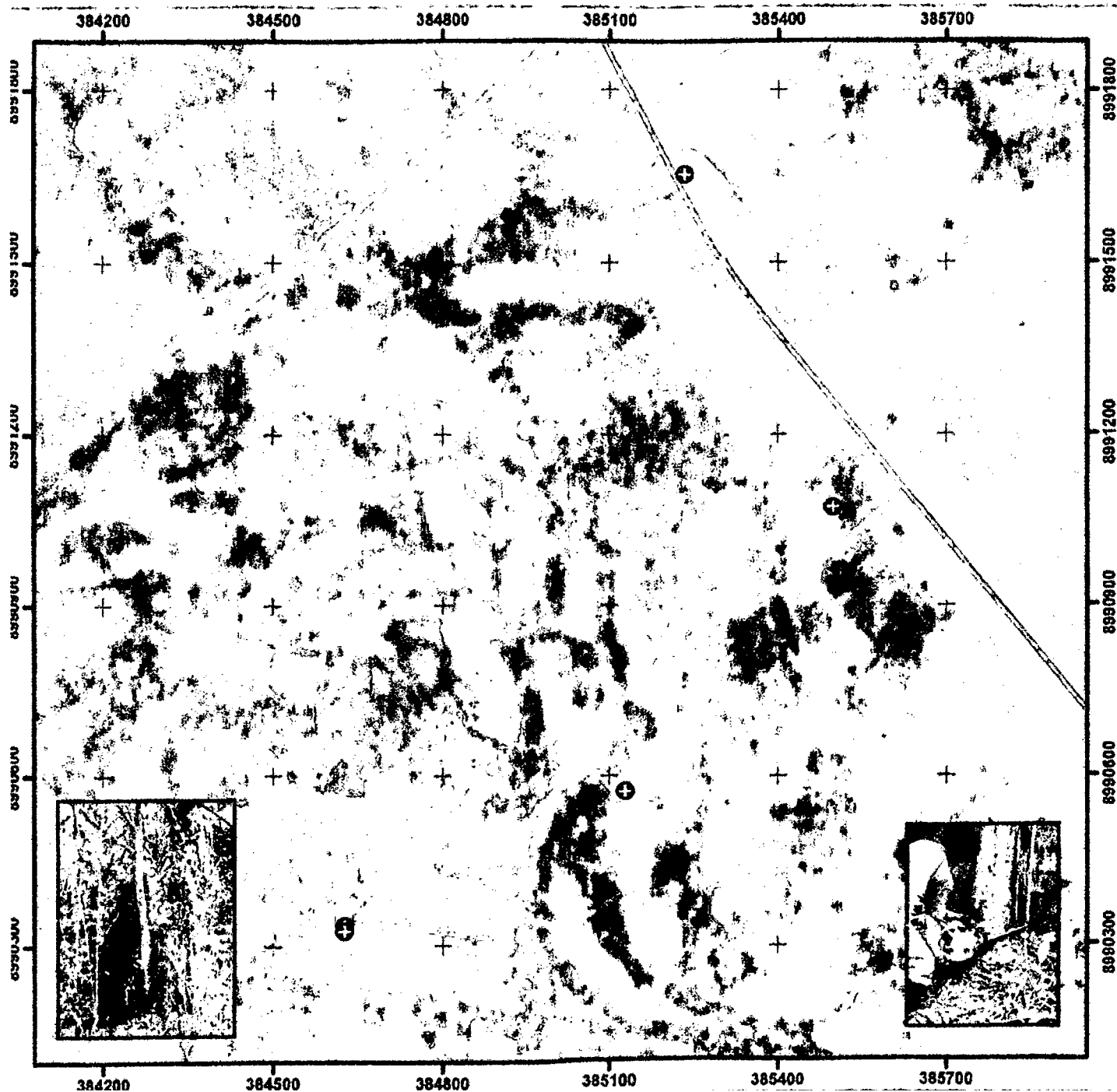
Figura 31. Evaluación de dimensiones de probetas en estudio.



Figura 32. Evaluación visual de defectos y deformaciones.



Figura 33. Presencia de defectos y deformaciones en las probetas estudiadas.



ARBOL	ESTE	NORTE
Arbol 1	384625	8990337
Arbol 2	384625	8990327
Arbol 3	385127	8990573
Arbol 4	385497	8991072
Arbol 5	385232	8991653

LEYENDA

⊕ Arboles

— Vías de comunicación

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

TESIS: EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL SECADO NATURAL DE
 ACUERDO A TECNICAS EN APILADO TRIANGULAR Y EN CABALLETE DE LA ESPECIE
 FORESTAL *Guarea glaberrima* (L.) Sumner. "REGUI" PARA LA ZONA DE TINGO MARIA

MAPA DE UBICACION DE ARBOLES EXTRAIDOS PARA LA
 PRESENTE TESIS

Escala: 1:10,000	Dibujó SIG: Bach. GIANCARLO DAZA FARIAS
Fecha: Diciembre 2011	Datos: - Proyección: Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 18 Sur - Elipsoida: Hayford - Datum Horizontal: WGS 84 - Datum Vertical: Nivel medio del mar.
Sector: Tulumayo	
Distrito: Leoncio Prado	

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud del señor **DAZA FARIAS, Giancarlo**. Se Proporciona la identidad de los especímenes indicados.

ZONA DE COLECCIÓN : Sector Tulumayo, distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco. Altitud: 650 m.s.n.m.

NOMBRE COMÚN : "Requia"

El Nombre Científico de la 5 Muestras botánicas recibidas es:

Guarea guidonia (L.) Sleumer.

FAMILIA : Meliaceae

Determinador


Ing. Warren Ríos García

C.I.P. 43189

Tingo Maria, 29 de Setiembre del 2011.

- SE RUEGA AL USUARIO TENER ESPECIAL CUIDADO EN TRANSCRIBIR CORRECTAMENTE LOS NOMBRES ANTES PROPORCIONADOS.