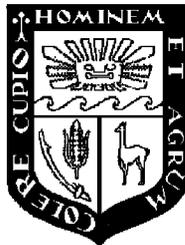


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Factor de Conversión en Aserrío para
Trozas de Raleo Provenientes de una
Plantación de Teca (*Tectona grandis*)
en Chanchamayo - Junín**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Angela Magali Llavé Campos

Lima – Perú
2008

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. Angela Magali Llavé Campos, intitulado “Factor de Conversión en Aserrió para Trozas de Raleo Provenientes de una Plantación de Teca (*Tectona grandis*) en Chanchamayo - Junín”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 8 de Agosto de 2008

.....
Ing. Manuel Chavesta Custodio
Presidente

.....
Ing. Fernando Bulnes Soriano
Miembro

.....
Ing. Julio Canchucaya Rojas
Miembro

.....
Ing. Miguel Meléndez Cárdenas
Patrocinador

.....
Ing. Carlos Chuquicaja Segura
Co-Patrocinador

RESUMEN

En selva central la deforestación de las especies más importantes, comercialmente hablando, ha propiciado el decrecimiento de la industria forestal. En este escenario, las plantaciones de especies como la teca (*Tectona grandis*) se convierten en una solución potencial para hacer frente al mencionado problema, ya que las condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas de la selva central son apropiadas para su establecimiento. Sin embargo, es necesario conocer el comportamiento de esta especie en el aserrío, y un punto de partida importante es conocer el factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada, bajo condiciones de aserrío propias de la zona.

Por lo general las pocas plantaciones que existen en nuestro país carecen de un adecuado manejo silvicultural, las podas y raleos no se llevan a cabo de forma oportuna y adecuada, debido a varios factores como son la falta de planificación e información, carencia de tecnología apropiada, y principalmente por cuestiones económicas; por lo que es necesario dar a conocer el rendimiento en aserrío de trozas de raleo, ya que muchas veces la madera obtenida ayuda a reducir los costos en que se incurre al realizarlos.

El factor de conversión promedio determinado para trozas de raleo de una plantación de *Tectona grandis* de 26 años ubicada en el fundo La Génova, Chanchamayo fue 48%; mientras que la proporción de duramen promedio fue 56%.

Tanto para la relación factor de conversión - diámetro, como para la relación proporción de duramen - diámetro, se realizaron regresiones lineales simples, determinándose para cada caso ecuaciones que permiten predecir tanto el factor de conversión como la proporción de duramen en función al diámetro de troza, observándose que el diámetro se relaciona en forma directa tanto con el factor de conversión como con la proporción de duramen. Mientras que para la relación factor de conversión - longitud, la regresión fue no significativa, por lo que se puede decir que no existe influencia de la longitud sobre el factor de conversión.

Utilizando la ecuación de regresión del factor de conversión en función al diámetro, se elaboró una tabla de rendimiento de madera aserrada para trozas de raleo de plantaciones de teca de 26 años, sin considerar los defectos y el estado sanitario de las trozas. Dicha tabla es más exacta al predecir los volúmenes de madera aserrada a obtener a partir de madera rolliza, que las tablas Oxapampina y Doyle.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE ESTUDIADA.....	3
2.1.1 <i>Características de la Especie</i>	3
2.1.2 <i>Usos de la Especie</i>	6
2.2 PLANTACIONES DE TECA.....	6
2.2.1 <i>Situación Actual y Manejo de las Plantaciones de Teca</i>	6
2.2.2 <i>Situación Actual de la Plantación de Teca del Fundo La Génova</i>	7
2.3 CONCEPTO, IMPORTANCIA E INCONVENIENTES DEL RALEO.....	8
2.4 FACTOR DE CONVERSIÓN EN ASERRÍO.....	9
2.4.1 <i>Concepto e Importancia del Factor de Conversión en Aserrío</i>	9
2.4.2 <i>Variables que Influyen en el Factor de Conversión en Aserrío</i>	9
2.4.3 <i>Factores de Conversión en Aserrío Determinados en el País</i>	10
2.4.4 <i>Factores de Conversión en Aserrío para Trozas de Raleo</i>	11
2.4.5 <i>Factores de Conversión en Aserrío para la Teca</i>	11
2.5 REGLAS Y TABLAS DE CUBICACIÓN DE TROZAS.....	12
2.5.1 <i>Construcción de Tablas de Cubicación y Reglas de TroZAS</i>	12
2.5.2 <i>Tablas Utilizadas en el Perú</i>	15
2.6 DEFECTOS DE LA MADERA ROLLIZA.....	15
2.7 IMPORTANCIA DE LA DETERMINACIÓN DEL DURAMEN.....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	18
3.1.1 <i>Localización</i>	18
3.1.2 <i>Fisiografía</i>	18
3.1.3 <i>Hidrografía</i>	21
3.1.4 <i>Clima</i>	21
3.1.5 <i>Clasificación Ecológica</i>	21
3.1.6 <i>Suelos</i>	21
3.1.7 <i>Vegetación</i>	22
3.1.8 <i>Población y Actividad Económica</i>	22
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	23
3.2.1 <i>Materiales</i>	23
3.2.2 <i>Equipos</i>	23
3.3 METODOLOGÍA.....	23
3.3.1 <i>CARACTERIZACIÓN de la Planta de Aserrío</i>	23
3.3.2 <i>Recopilación de Datos</i>	27
3.3.3 <i>Procesamiento de Datos</i>	28
3.3.4 <i>Estudio Estadístico del Factor de Conversión y la Proporción de Duramen en la Troza</i>	30
3.3.5 <i>Elaboración de una Tabla de Rendimiento de Madera Aserrada para Trozas de Raleo</i>	31
3.3.6 <i>Comparación del Volumen Real de Madera Aserrada con los Volúmenes Estimados por las Tablas Doyle, Oxapampina y la Elaborada en el Presente Estudio</i>	32

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS TROZAS DE TECA	33
4.1.1	<i>Agrupamiento Diamétrico.....</i>	33
4.1.2	<i>Agrupamiento Longitudinal.....</i>	33
4.1.3	<i>Clasificación Preliminar de las Trozas según Defectos.....</i>	35
4.2	CARACTERIZACIÓN DE LA MADERA ASERRADA.....	38
4.2.1	<i>Frecuencia de Espesores, Anchos y Longitudes de la Piezas Aserradas.....</i>	38
4.2.2	<i>Clasificación de las Piezas Aserradas en Base a sus Dimensiones.....</i>	38
4.3	ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES EVALUADAS	41
4.3.1	<i>Medidas de Tendencia Central y Dispersión.....</i>	41
4.3.2	<i>Análisis de Correlación</i>	42
4.3.3	<i>Análisis de Regresión Simple</i>	48
4.3.4	<i>Análisis de Regresión Múltiple.....</i>	58
4.4	TABLA DE RENDIMIENTO DE TROZAS DE RALEO A MADERA ASERRADA EN BASE AL FACTOR DE CONVERSIÓN	61
4.5	COMPARACIÓN DEL VOLUMEN REAL DE MADERA ASERRADA CON EL VOLUMEN ESTIMADO POR LA TABLA ELABORADA PARA TROZAS DE RALEO DE TECA	63
5.	CONCLUSIONES	66
6.	RECOMENDACIONES.....	67
ANEXO 1.....	75
	INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LAS TROZAS	75
ANEXO 2.....	80
	SECCIONES TRANSVERSALES A ESCALA DE LAS TROZAS MÁS IRREGULARES	80
ANEXO 3.....	84
	CROQUIS DEL ASERRADERO.....	84
ANEXO 4.....	85
	DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN DE LOS RESIDUALES.....	85
ANEXO 5.....	87
	FOTOGRAFÍAS DE LAS TROZAS, EL PROCESO DE ASERRÍO Y LA MADERA ASERRADA.....	87

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA TECA (<i>TECTONA GRANDIS</i>).	5
CUADRO 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS MAQUINAS DEL ASERRADERO.	25
CUADRO 3 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DEL TALLER DE AFILADO.	26
CUADRO 4 CLASIFICACIÓN PRELIMINAR POR IRREGULARIDAD EN LA SECCIÓN.	37
CUADRO 5 CLASIFICACIÓN PRELIMINAR POR CURVATURA.	37
CUADRO 6 DISTRIBUCIÓN DE LAS TROZAS SEGÚN EL TIPO DE DEFECTO VISIBLE.	37
CUADRO 7 DISTRIBUCIÓN DE LAS TROZAS SEGÚN LA CANTIDAD DE DEFECTOS VISIBLES.	37
CUADRO 8 FRECUENCIA DE ESPESORES DE LAS PIEZAS ASERRADAS.	39
CUADRO 9 FRECUENCIA DE ANCHOS DE LAS PIEZAS ASERRADAS.	39
CUADRO 10 FRECUENCIA DE LONGITUDES DE LAS PIEZAS ASERRADAS.	39
CUADRO 11 BASE DE CLASIFICACIÓN PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PIEZAS ASERRADAS DE ACUERDO A SUS DIMENSIONES.	40
CUADRO 12 DISTRIBUCIÓN DE LAS PIEZAS ASERRADAS SEGÚN SUS DIMENSIONES.	40
CUADRO 13 MEDIA ARITMÉTICA Y MEDIDAS DE DISPERSIÓN PARA LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL ESTUDIO DE RENDIMIENTO DE LA ESPECIE <i>TECTONA GRANDIS</i>	44
CUADRO 14 COEFICIENTES DE CORRELACIÓN SIMPLE PARA LAS RELACIONES: FACTOR DE CONVERSIÓN VS. DIÁMETRO PROMEDIO, FACTOR DE CONVERSIÓN VS. LONGITUD DE TROZA, Y PROPORCIÓN DE DURAMEN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	44
CUADRO 15 ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA REGRESIÓN LINEAL SIMPLE: FACTOR DE CONVERSIÓN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	51
CUADRO 16 ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA REGRESIÓN LINEAL SIMPLE: FACTOR DE CONVERSIÓN VS. LONGITUD DE TROZA.	51
CUADRO 17 ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA REGRESIÓN LINEAL SIMPLE: PROPORCIÓN DE DURAMEN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	51
CUADRO 18 VARIANCIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR E INTERVALOS DE CONFIANZA DEL COEFICIENTE DE REGRESIÓN DE LA REGRESIÓN FACTOR DE CONVERSIÓN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	54
CUADRO 19 VARIANCIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR E INTERVALOS DE CONFIANZA DEL COEFICIENTE DE REGRESIÓN DE LA REGRESIÓN PROPORCIÓN DE DURAMEN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	54
CUADRO 20 VARIANCIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA LÍNEA DE REGRESIÓN PARA LAS REGRESIONES FACTOR DE CONVERSIÓN VS. DIÁMETRO PROMEDIO Y PROPORCIÓN DE DURAMEN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	54
CUADRO 21 ESTADÍSTICOS DE DISPERSIÓN Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ESTIMADO EN BASE A LA LÍNEA DE REGRESIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	56
CUADRO 22 ESTADÍSTICOS DE DISPERSIÓN Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ESTIMADO EN BASE A LA LÍNEA DE REGRESIÓN DE LA PROPORCIÓN DE DURAMEN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	57
CUADRO 23 ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE: FACTOR DE CONVERSIÓN VS. DIÁMETRO PROMEDIO, LONGITUD DE TROZA.	60
CUADRO 24 ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE CONTRIBUCIÓN DEL DIÁMETRO EN PRESENCIA DE LA LONGITUD DE TROZA EN LA PREDICCIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN.	60
CUADRO 25 ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE CONTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD DE TROZA EN PRESENCIA DEL DIÁMETRO EN LA PREDICCIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN.	60
CUADRO 26 TABLA DE RENDIMIENTO DE MADERA ASERRADA PARA TROZAS DE RALEO DE TECA (<i>TECTONA GRANDIS</i>).	62
CUADRO 27 COMPARACIÓN ENTRE EL VOLUMEN REAL DE MADERA ASERRADA Y LOS VOLÚMENES ESTIMADOS POR LAS TABLAS: DOYLE, OXAPAMPINA Y LA ELABORADA EN EL PRESENTE ESTUDIO.	65
CUADRO 28 PRUEBA DE MEDIAS EN MUESTRAS PAREADAS PARA LAS RELACIONES: VOLUMEN REAL VS. VOLUMEN DE TABLA ELABORADA, VOLUMEN REAL VS. VOLUMEN DE TABLA DOYLE Y VOLUMEN REAL VS. VOLUMEN DE TABLA OXAPAMPINA.	65

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1 UBICACIÓN DE LA PROVINCIA DE CHANCHAMAYO Y CROQUIS DEL FUNDO LA GÉNOVA.	19
FIGURA 2 UBICACIÓN DE LA PLANTACIÓN DE TECA EN EL FUNDO LA GÉNOVA.	20
FIGURA 3 FRECUENCIA DE DIÁMETROS DE TROZAS.	34
FIGURA 4 FRECUENCIA DE LONGITUDES DE TROZAS.	34
FIGURA 5 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE LA CORRELACIÓN FACTOR DE CONVERSIÓN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	46
FIGURA 6 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE LA CORRELACIÓN FACTOR DE CONVERSIÓN VS. LONGITUD DE TROZA.	46
FIGURA 7 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE LA CORRELACIÓN PROPORCIÓN DE DURAMEN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	47
FIGURA 8 GRÁFICO DE LOS LÍMITES DE CONFIANZA DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ESTIMADO EN BASE A LA LÍNEA DE REGRESIÓN DE LA REGRESIÓN FACTOR DE CONVERSIÓN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	56
FIGURA 9 GRÁFICO DE LOS LÍMITES DE CONFIANZA DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ESTIMADO EN BASE A LA LÍNEA DE REGRESIÓN DE LA REGRESIÓN PROPORCIÓN DE DURAMEN VS. DIÁMETRO PROMEDIO.	57
FIGURA 10 REGIONES DE RECHAZO Y ACEPTACIÓN PARA LA PRUEBA DE MEDIAS EN MUESTRAS PAREADAS. ..	65

1. INTRODUCCIÓN

La industria de aserrío en nuestro país cuenta con una serie de problemas y carencias, dentro de los cuales se encuentra el insuficiente suministro de materia prima y la escasez de información básica en cuanto al rendimiento de la materia prima en aserrío de especies nativas y exóticas. En relación a la falta de materia prima, las plantaciones de especies exóticas de alto valor comercial constituyen una potencial solución a este problema, dentro de este grupo destaca la teca (*Tectona grandis*), como una especie de alta calidad que cuenta con un mercado establecido, y dispone en nuestro país de una adecuada calidad de sitio para su buen desarrollo. Por otro lado, la carencia de tablas de cubicación de trozas para especies específicas, propicia que aún se mantenga generalizado el uso de ciertas tablas, como la Doyle y la Oxapampina. A esto se suma la poca eficiencia técnica en el proceso y la falta de control del rendimiento de la materia prima en aserrío, lo que en conjunto genera un marco inadecuado para el desarrollo de la industria de aserrío.

Los altos índices de deforestación en la provincia de Chanchamayo han generado que la actividad de la industria forestal se haya reducido significativamente, principalmente por la carencia de materia prima. Sin embargo, gracias a ensayos de introducción a nivel experimental de *Tectona grandis* en las zonas de San Ramón, Pichanaki y Satipo, se conoce que esta especie presenta un buen desarrollo en esta región, constituyendo una alternativa para el desabastecimiento de materia prima. Otro problema común en esta región es que los aserraderos de San Ramón y Pichanaki, carecen de infraestructura, maquinaria y equipos en óptimas condiciones, limitando más aún las condiciones para lograr altos rendimientos en el aserrío.

Dentro del manejo de una plantación, los raleos son indispensables para lograr una buena redistribución de los individuos al interior de la misma, favoreciendo a los árboles de mejor conformación, para la cosecha final. Pese a esto, usualmente los propietarios de las plantaciones no los realizan, por falta de planificación e información, y por el costo que esta actividad representa; de ahí la necesidad de investigar las posibilidades de aserrío de trozas provenientes de raleo, como una solución para reducir los costos de manejo de la plantación, y generar ingresos.

La falta de conocimiento sobre la valoración de la calidad de las trozas en base a la proporción de duramen presente en ellas, es una limitante que debe superarse, ya que actualmente dicho factor está siendo tomado muy en cuenta en la comercialización de trozas, así los comerciantes exigen un diámetro de duramen mínimo de 8 a 10cm para ser consideradas como trozas de buena calidad (Moya, 2005).

El presente estudio tiene como objetivo determinar el factor de conversión en aserrío de trozas de raleo de una plantación de 26 años de *Tectona grandis*, sin considerar los defectos y el estado sanitario de las mismas, así como determinar la proporción de duramen en las trozas como un indicador de la calidad de la madera.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE ESTUDIADA

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

El CATIE (1986) señala que la especie Teca (*Tectona grandis*), perteneciente a la familia Verbenaceae, es originaria de la región asiática sudoriental (India, Burma, Bangladesh, Tailandia e Indonesia), y que se encuentran plantaciones en forma extensiva en el sureste asiático, África y América. La describe como una especie de rápido crecimiento y de gran porte, pudiendo alcanzar alturas hasta de 40m y diámetros hasta de 1,5m, presenta fuste limpio y recto, de corteza gruesa, gris o pardo grisácea, fibrosa y fisurada; sistema radicular amplio y de raíz principal profunda. Las hojas son grandes opuestas, elípticas u ovoides, rugosas en el haz, estrellado en el envés, de color gris y algunas veces blanquecino. Las flores son pequeñas, blancas, bisexuales, y aparecen en panículas grandes que pueden contener algunos miles de botones florales. Los frutos son drupas duras, irregulares, redondeadas, que contienen cuatro cámaras seminales. Las semillas son ovales y raras veces se encuentran semillas en las cuatro cavidades del fruto.

CHAVARRÍA y QUIRÓS (1985) mencionan cuatro zonas de vida en las que la Teca puede desarrollarse sin problemas, estas son: Bosque Seco Tropical, Bosque Húmedo Premontano, Bosque Muy Húmedo Premontano y Bosque Húmedo Tropical. Según estos autores, la teca prefiere suelos neutros, aunque tolera cierto grado de acidez (pH 6); además requiere suelos de buen drenaje (pues no soporta las inundaciones), profundos (entre 100 a 140cm), porosos, fértiles; se desarrolla de forma óptima en suelos franco-arenosos, tolera suelos arcillosos, pero no muy pesados. En cuanto al clima, esta especie logra su máximo desarrollo en lugares que presentan temperaturas medias anuales de 22°C a 28°C, y con precipitaciones medias anuales entre 1500mm y 2000mm.

CHAVESTA Y CONDORI (2005) describen a la teca como una madera con albura de color amarillo cremoso, duramen de color café dorado, brillo elevado, veteado en arcos superpuestos bien definidos y líneas verticales, grano recto, textura fina, anillos de crecimiento muy poco diferenciados por bandas oscuras e irregulares, y la superficie tiene aspecto ceroso. Agregan

que ésta especie tiene poros visibles con lupa, solitarios en mayor proporción y también múltiples radiales, contiene tilosis taponando los vasos, parénquima longitudinal no visible aún con lupa, radios en la sección transversal visibles a simple vista; en sección tangencial no son estratificados. En la descripción microscópica, los autores resaltan que la teca tiene porosidad circular, poros de forma ovalada, puntuaciones intervasculares alternas, ovaladas, y abertura incluso de forma lenticelar; radios en la sección tangencial extremadamente cortos y multiseriados; parénquima en bandas del tipo marginal y paratraqueal vasicéntrico en la sección transversal, con presencia de sílice; y fibras libriformes.

En el cuadro 1 los autores presentan las propiedades físicas y mecánicas de ésta especie al 15% de C.H.

Cuadro 1 Propiedades Físicas y Mecánicas de la Teca (*Tectona grandis*).

<i>Propiedades Físicas y Mecánicas</i>	<i>Valores</i>
Densidad básica	0,57 g/cm ³
Contracción tangencial	4,0%
Contracción radial	2,2%
Índice de estabilidad	1,8
Carga de ruptura a la flexión estática	772 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	106 Tn/cm ²
Carga de ruptura a la compresión paralela	385 Kg/cm ²
Dureza en lados	708 Kg/cm ²
Cizallamiento	91 Kg/cm ²

2.1.2 USOS DE LA ESPECIE

CHAVESTA y CONDORI (2005) así como WEAVER (2000) concuerdan que la estabilidad de la teca después de la manufactura, así como su durabilidad y resistencia al ataque de hongos y termitas la han convertido en una madera aceptable para las cubiertas en barcos de buen tamaño; así mismo señalan que ésta se usa en carpintería de obra fina, revestimientos, pisos de calidad, chapas decorativas, ebanistería y mueblería.

WEAVER (2000) refiere que la teca es usada para mástiles y perchas, puntales en minas de carbón, durmientes, pianos y órganos, llaves para violines y pipas de tabaco (de nudos en la teca). La madera rinde un valioso aceite de brea después de la destilación. Otros estudios mostraron que el rendimiento para obtener pulpa de papel fue satisfactorio, mostrando una fortaleza apropiada para la producción de papel para envolver, escribir e imprimir. Por su parte la corteza contiene taninos, y las hojas machacadas producen una savia roja que se usa para teñir la seda.

2.2 PLANTACIONES DE TECA

2.2.1 SITUACIÓN ACTUAL Y MANEJO DE LAS PLANTACIONES DE TECA

BHAT y MA (2004) señalan que los bosques de teca naturales de la región Asia-Pacífico, cubren una extensión de alrededor de 23 millones de ha en la India, Laos, Myanmar y Tailandia, y aproximadamente 8,9 millones de ha de los bosques naturales de teca se encuentran en la India. Por otro lado indican que la teca se cultiva en plantaciones en por lo menos 36 países tropicales, cubriendo una extensión aproximada de 5,7 millones de ha. Aproximadamente el 92% de la superficie de plantaciones de teca en el mundo se encuentra en el trópico de Asia, lo cual comprende alrededor del 43% en la India y un 31% en Indonesia, mientras que el 4,5% se sitúa en la región tropical de África, principalmente en Côte d'Ivoire y Nigeria, y alrededor del 3% se halla en América del Sur y Central, especialmente en Costa Rica, Trinidad y Tobago y Brasil.

SAGE y QUIROS (2001) precisan que Costa Rica cuenta con aproximadamente 20 570ha reforestadas con teca. Así mismo, proponen que el manejo adecuado de una plantación de esta especie, que tenga una densidad de 1100 árboles/ha, debe incluir un raleo al año 4 después del

establecimiento, cortando aproximadamente un 40% del número total de árboles en pie a esa edad, dos raleos comerciales a los 8 y 12 años respectivamente; y la corta final a los 25 años. Reduciendo la densidad inicial a unos 660 árboles/ha por medio del primer raleo, y cortando cerca de 220 árboles en cada oportunidad durante los raleos 2 y 3, al término de los 12 primeros años se dejaría un remanente aproximado de 220 árboles, con espacio suficiente para promover el máximo rendimiento de la masa principal, cuyo aprovechamiento estaría previsto para los 25 años.

UGALDE y GOMÉZ (2006) reportan que en el año 2004 Panamá contaba con una superficie reforestada con teca de 36 448ha. Destacan que esta especie presenta un crecimiento acelerado durante los 10 primeros años de establecida, el cual disminuirá a partir de los 15 años de edad. Muchas de las plantaciones visitadas por los autores presentaban una alta densidad, en promedio 729 árboles/ha, por falta de raleo, lo que conllevaría a consecuencias negativas, afectando la productividad del volumen comercial de madera, ya que el manejo de las plantaciones de teca, por estar orientado a la producción de maderas lujosas de alto valor, y por lo prolongado de sus turnos, los cuales en América Latina se espera estén entre 20 y 25 años, requieren de raleos tempranos y de forma intensiva, puesto que los árboles de teca no son capaces de recuperarse cuando sus copas han estado oprimidas y subdesarrolladas ni siquiera cuando posteriormente son expuestas a insolación total.

ROMERO (1983) y VARGAS y REYES (1974) señalan que las parcelas experimentales de teca establecidas por la Universidad Nacional del Centro del Perú en la zona de Satipo en 1957 dieron resultados prometedores. El primer autor menciona que en dicha plantación a los 18 años ya era posible extraer madera, a su vez manifiesta el gran potencial de regeneración de la especie. Mientras que el segundo señala que las mediciones de DAP y altura total de una muestra de 15 árboles, de una población total de 203 árboles, dio como resultado un incremento medio anual de DAP de 1,2cm, y un incremento medio anual en altura de 0,63m.

2.2.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTACIÓN DE TECA DEL FUNDO LA GÉNOVA

BULNES et al (2007) mencionan que dicha plantación tiene una edad aproximada de 26 años, está ubicada en el Fundo La Génova perteneciente al IRD – Selva de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, entre las

localidades de San Ramón y La Merced, a su vez está distribuida en cuatro unidades en zonas de ladera adyacentes a una plantación de cítricos, y ocupan en total un área aproximada de 5,84ha.

Esta plantación ha recibido un solo raleo selectivo y a la vez sistemático, es decir por bloques o paquetes de árboles, dicho raleo tuvo una intensidad del 50% de los individuos inicialmente establecidos, es decir considerando los árboles muertos como parte de la población; la elección de los árboles a ralear estuvo en función del diámetro, raleándose árboles con diámetros menores de 10cm, y a la calidad de fuste (árboles podridos, torcidos y con termiteros); dicha intervención fue llevada a cabo entre los meses de Febrero y Marzo del año 2007, a partir del cual se han establecido los lineamientos para elaborar un Plan de Manejo para la plantación de teca. Además se establecieron 6 parcelas permanentes de crecimiento y 4 parcelas testigo, de 400m² cada una, para medir la respuesta de la masa boscosa al raleo efectuado. En total se ralearon 773 árboles, quedando para el manejo 2772 individuos.

2.3 CONCEPTO, IMPORTANCIA E INCONVENIENTES DEL RALEO

GOMEZ (1995) define al raleo como un tratamiento silvicultural, que consiste en la disminución voluntaria y progresiva de la densidad de la plantación forestal en desarrollo, para dar mayor espacio y las reservas suficientes (luz, agua y nutrientes) de acuerdo al objetivo de la plantación, con la finalidad de estimular el crecimiento de los árboles que permanecen en la plantación y de esta manera incrementar sus diámetros para alcanzar un grosor comercial y de mejor calidad en corto tiempo. Acota que el principal inconveniente de los raleos es que los árboles delgados extraídos de las plantaciones son difíciles de utilizar como materia prima para determinados productos, salvo para leña. Pero frente a este inconveniente, recalca que los raleos son importantes porque permitirán redistribuir el crecimiento potencial de la plantación en un determinado número de árboles seleccionados, y controlar la calidad y cantidad de madera producida por árbol.

2.4 FACTOR DE CONVERSIÓN EN ASERRÍO

2.4.1 CONCEPTO E IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CONVERSIÓN EN ASERRÍO

TUSET y DURAN (1979) definen como factor de conversión en aserrío a la relación del volumen de madera aserrada que se obtiene, entre el volumen de madera rolliza que fue aserrado para producirla.

SCHREWE (1981), sostiene que la importancia del factor de conversión radica en que este permite fijar el número de árboles que una empresa deberá plantar de acuerdo con el volumen de madera rolliza requerida. Agrega que este factor permite conocer las pérdidas de madera, y por consiguiente de dinero en las que incurre un aserradero; por lo que al determinar dicho factor, y conociendo los factores que influyen sobre el mismo, se podría tomar medidas pertinentes para mejorar la producción.

2.4.2 VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL FACTOR DE CONVERSIÓN EN ASERRÍO

TARANCO (1973) indica que el coeficiente de conversión de madera rolliza a madera aserrada es influenciado por muchos factores, siendo los principales:

- Diámetro de trozas.
- Ahusamiento de la troza y otros factores inherentes a la forma del fuste de la especie maderable que se asierra.
- Presencia de defectos.
- Altura de corte de la sierra.
- Condiciones sanitarias de las trozas (ataque de hongos y/o insectos).
- Dimensiones en cuanto al ancho, largo y espesor a que se asierra la madera.
- Eficiencia del aserrador para obtener mayor volumen de madera aserrada por unidad de volumen de madera rolliza.

- Factores económicos diversos, por ejemplo, se justifica con un mayor esfuerzo y/o tiempo de trabajo para obtener un mayor coeficiente de conversión en maderas de alto valor que en maderas de menor valor.

BRUCE y SCHUMACHER (1965) precisan que la deficiencia de la maquinaria de los aserraderos, especialmente en el ancho de corte de la sierra principal y la canteadora, tiene notable influencia sobre el rendimiento en el aserrío.

SCHREWE (1981) menciona que el factor de conversión está muy influenciado por el tipo de sierra utilizada en los aserraderos, así un aserradero de cinta obtendría por lo menos un 10% más de madera aserrada, en comparación con uno de disco.

2.4.3 FACTORES DE CONVERSIÓN EN ASERRÍO DETERMINADOS EN EL PAÍS

CHUQUICAJA (1987) determinó un factor de conversión de 0,58 para el tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), y de 0,61 para la moena (*Aniba sp*, *Nectandra sp* y *Ocotea sp*), en la zona de Chanchamayo, siendo ambos factores considerados como altos, en relación con el factor usado por la Dirección General Forestal y de Fauna (0,52), por tanto este autor concluye que la Dirección General Forestal y de Fauna subestima el rendimiento en el aserrío de dichas especies.

GAVIRIA (1981) evaluó 17 aserraderos de la zona de Chanchamayo, y señala un rendimiento de 55%, considerando a la zona como eficiente en el uso de materia prima, en comparación con los rendimientos que se han determinado para Oxapampa (51%) y Tingo María (46%). Además demostró que a medida que aumentaba la capacidad instalada de los aserraderos, éstos eran más eficientes en el rendimiento de las trozas.

SCHREWE (1981) menciona que la Dirección General Forestal y de Fauna usa 52% como factor de conversión (220pt por cada m³ de madera rolliza), lo que representa el valor promedio a nivel mundial para cualquier tipo de sierra, factor que a su vez es utilizado para determinar el equivalente de un volumen de madera aserrada en madera rolliza o viceversa.

TARANCO (1973) analizó 11 plantas industriales en la zona de Oxapampa las que aserraban principalmente: roble amarillo (*Terminalia amazonia*), diablo fuerte (*Podocarpus sp*), cedro (*Cedrela sp*), ulcumanu (*Podocarpus sp*), nogal (*Juglans neotropica*), congona (*Brosimum*

alicastrum) y otras; dando como resultado un coeficiente de conversión de madera rolliza a aserrada de 0,51.

2.4.4 FACTORES DE CONVERSIÓN EN ASERRÍO PARA TROZAS DE RALEO

DEL POZO (1996) determinó un factor de aserrío de 0,39 para trozas de pino (*Pinus patula*) provenientes del raleo de una plantación en Cajamarca, y que tenían un diámetro promedio de 17,3cm, y le atribuyó el bajo valor del factor de aserrío a los pequeños diámetros de las trozas.

QUIRÓS (2005) determinó el rendimiento de trozas provenientes de raleo para las siguientes especies: melina (*Gmelina arborea*), acacia (*Acacia mangium*) y terminalia (*Terminalia ivorensis*). Las trozas de melina provenían de una plantación de 8 años y tenían un diámetro promedio de 18,4cm, el rendimiento de madera rolliza a aserrada fue 61%. Las de acacia provenían de una plantación de 6 años, con un diámetro promedio de 21,7cm, el rendimiento de madera rolliza a aserrada fue 33%. Las de terminalia provenían de una plantación de 6 años, tenían un diámetro promedio de 28,7cm, el rendimiento de madera rolliza a aserrada fue 34%.

OTAROLA (1996) determinó el rendimiento en aserrío de trozas de pino (*Pinus oocarpa*) provenientes del raleo de una plantación de 13 años de edad, en Costa Rica, y cuyos diámetros variaban entre 15cm y 25cm. El resultado fue un rendimiento promedio de 24%, al pasar de madera rolliza a piezas de madera aserrada para tarimas.

2.4.5 FACTORES DE CONVERSIÓN EN ASERRÍO PARA LA TECA

FONSECA (2004) señala que los rendimientos en aserrío de trozas de teca de pequeños diámetros, son superiores a los de otras especies tales como melina (*Gmelina arborea*) y ciprés (*Cupressus sp.*), lográndose rendimientos de 41% para trozas de teca de un diámetro entre 10 y 15cm, y de 47% para diámetros de 15 a 25cm, esto debido a que las trozas más grandes tienen mejor calidad, poca presencia de nudos, poca curvatura y baja conicidad.

UGALDE y GÓMEZ (2006) mencionan que la información disponible sobre rendimientos de las plantaciones forestales de teca es escasa, debido al hecho de que la mayoría son plantaciones jóvenes, a un sistema de manejo caracterizado por raleos tardíos, y principalmente a la carencia de un sistema de monitoreo del crecimiento de los árboles, que de sustento a registros confiables sobre rendimientos de los raleos y aprovechamientos finales. En su estudio

determinaron un rendimiento de 44% para trozas de teca provenientes de una parcela de 12 años en Loma de los Naranjos, Cañitas, Panamá.

MORA y HERNÁNDEZ (2007) elaboraron una Tabla de Despieces Comerciales para la teca, trabajando en base a una muestra de 22 “árboles tipo” seleccionados a lo largo del Pacífico de Costa Rica. Este proceso generó información para un total de 373 árboles con edades entre 3 y 40 años. El resultado que obtuvieron fue el siguiente:

- El rendimiento para trozas con diámetros entre 30cm y 50cm fue de 42%.
- El rendimiento para trozas con diámetros entre 15cm y 30cm fue de 54%.

2.5 REGLAS Y TABLAS DE CUBICACIÓN DE TROZAS

2.5.1 CONSTRUCCIÓN DE TABLAS DE CUBICACIÓN Y REGLAS DE TROZAS

BRUCE y SCHUMACHER (1965) definen a una regla de trozas como una tabla que expresa el rendimiento probable de madera de troncos de varios diámetros y longitudes; además mencionan que se han publicado alrededor de 40 reglas de troncos, pero no hay ninguna que se haya adoptado como norma por la industria maderera. Estos autores destacan tres métodos para preparar una regla de troncos, los que se describen a continuación:

1) Método Gráfico:

Este método se basa en una variable dependiente que sería el volumen en pies tablares (pt), y que se calcularía en base a dos variables independientes que serían el diámetro y la longitud; por lo que podría prepararse una curva de rendimiento por cada pie de longitud de troza relacionada con su diámetro. Sin embargo, este método no ha resultado satisfactorio porque la cantidad de madera producida depende no sólo de las dimensiones de la troza, sino también de la cantidad de defectos que tenga, además de otros factores que se mencionaron anteriormente. Por todas esas razones, este método se emplea sólo en algunas ocasiones.

2) Método de Diagramas:

Consiste en dibujar a escala el extremo menor de la troza, luego sobre este y de izquierda a derecha, se marcan las tablas que se obtendrán de la troza, dejando un espacio entre las tablas

que corresponde al ancho del corte, finalmente para calcular el contenido en pies cuadrados que se obtendrá de la troza, se suman los pies cuadrados de todas las tablas. De esta manera si se trazan los diagramas de todos los diámetros necesarios, con los resultados obtenidos se puede formar una regla de troncos. Sin embargo, esta regla subestima la cantidad de madera que puede producirse, en especial para diámetros pequeños, esto se debe a que no hay tolerancias de conicidad y a que las diferencias entre los volúmenes de un diámetro y los del siguiente, son irregulares, y las trozas no siempre tienen medidas exactas.

3) Método Matemático:

Existen algunas reglas que se han preparado en base a fórmulas matemáticas y proporcionan el rendimiento de una troza en función al diámetro y la longitud de las mismas; sin embargo, el hecho de que éstas se basen en una fórmula matemática, no prueba que sean exactas.

Entre las reglas más conocidas y difundidas, BRUCE Y SCHUMACHER (1965) citan a la Regla Internacional y a la Regla Doyle.

a) Regla Internacional:

Esta regla se basa en la siguiente fórmula:

$$V = 0,22D^2 - 0,71D$$

Esta fórmula está basada en trozas de 4 pies de longitud y en anchos de corte de $\frac{1}{8}$ de pulgada. La ventaja de ésta regla es que puede modificarse fácilmente para aplicarla a cualquier ancho de corte. Además, esta regla proporciona una tolerancia para la conicidad de $\frac{1}{2}$ pulgada, lo que constituye una mejoría sobre otras reglas. Sin embargo, en ocasiones se ha encontrado una pequeña subestimación en troncos pequeños, y una pequeña sobreestimación en troncos más grandes.

b) Regla Doyle:

Aunque es una de las más usadas, su fórmula es completamente empírica, y en consecuencia sus valores están muy lejos de ser exactos. Se basa en la siguiente fórmula:

$$V = \frac{(D-4)^2}{16} \times L$$

16

13

Esta regla da valores insignificantes para las trozas pequeñas, dando como resultado subestimaciones excesivas; mientras que para trozas muy grandes da valores demasiado altos. Además no tiene ninguna tolerancia de conicidad, por lo que es considerada una regla inexacta y obsoleta.

CHUQUICAJA (1987) señala que en la zona de Chanchamayo se utiliza la Tabla Oxapampina para la comercialización de madera rolliza. Esta tabla fue elaborada en Oxapampa por los primeros colonos, teniendo en cuenta trozas sanas, sin considerar la corteza y para aserraderos de disco, se sabe que ésta no fue obtenida matemáticamente, sino más bien mediante evaluaciones prácticas. Dicha tabla estima el volumen de madera aserrada larga a obtener de una troza, en pies tablares, tomando en cuenta el diámetro menor en pulgadas y sin corteza, y la longitud en pies. El manejo de esta tabla es similar al de la tabla Doyle.

MALLEUX y MONTENEGRO (1971) señalan que una tabla de volumen es una representación matemática y gráfica de la relación existente entre uno o más parámetros cuantitativos de los árboles (Dap y altura) con el volumen maderable de los mismos; y permite facilitar los cálculos al resumirlos en un documento fácil de ser utilizado; así mismo acotan que una tabla de volumen debe ser lo suficientemente representativa para cierta localidad, especie o grupo de especies, edades, etc. Respecto a la Regla Doyle, los autores mencionan que ésta se basa en una fórmula matemáticamente incorrecta, por lo que es inexacta e inconsistente, pues reduce 4 pulgadas a la troza por el escuadrado y 5/16 pulgadas por el grosor de sierra lo que es el doble de lo requerido normalmente, dando como resultado volúmenes demasiado bajos de lo real. Por otra parte, consideran que la Regla Internacional sí está basada en una fórmula matemática exacta, y la destacan como la única regla que considera una compensación por errores en medición lineal, y que al mismo tiempo provee una deducción razonable por escuadrado o grosor de cinta.

IZQUIERDO (1960) al comparar en su trabajo los volúmenes reales obtenidos para 3131 trozas de cedro (*Cedrela sp.*) con los volúmenes de la Tabla Doyle y la Tabla Internacional, llega a la conclusión de que ambas tablas subestiman el volumen real de las trozas, siendo la Tabla Doyle la que lo hace en demasía, llegando a veces a subestimar en más de un 200% por debajo del volumen real, esto cuando se trabaja con trozas de diámetros menores a 11 pulgadas. Este autor

encontró que en promedio la Tabla Doyle subestima en un 72% el volumen real, mientras que la Tabla Internacional lo hacía en un 55%.

2.5.2 TABLAS UTILIZADAS EN EL PERÚ

CREDO (1980) indica que por Resolución Suprema N° 158 del 17 de abril de 1941, se oficializó en nuestro país el uso de la Tabla Doyle entre comerciantes así como en las dependencias estatales. Sin embargo y debido a que dicha tabla fue obtenida de forma empírica más que de una deducción matemática, pues normalmente subestima el volumen a obtener de trozas pequeñas, este autor señala que el 4 de setiembre de 1979, se aprobó el uso de una nueva Tabla Oficial de Cubicación mediante Resolución Ministerial N° 01048-79-AA-DGFF; la metodología utilizada para su elaboración fue la aplicación de series de ahusamiento, a su vez dicha tabla contempla la utilización de unidades del sistema métrico decimal, y los volúmenes se indican directamente en $m^3(r)$.

La Dirección General Forestal (1997) aprobó por Resolución Ministerial N° 0033-97-AG del 6 de febrero de 1997, la Nueva Tabla Oficial de Cubicación de Madera Rolliza, que está vigente y se caracteriza por ser más precisa, equitativa y de fácil aplicación, y busca generalizar el uso del sistema métrico decimal como criterio único de medición forestal, pues la anterior tabla se venía utilizando de manera parcial y restringida, debido a su difícil aplicación práctica y sobreestimación de volúmenes de las trozas a cubicar.

2.6 DEFECTOS DE LA MADERA ROLLIZA

TUSET y DURÁN (1979) manifiestan que la madera está sujeta a variaciones en su calidad debido a una serie de factores, los cuales se manifiestan como irregularidades o imperfecciones, que al afectar sus propiedades físicas, mecánicas o químicas, determinan limitaciones en las aplicaciones posibles de aquel material. Estas irregularidades o imperfecciones se denominan defectos, y pueden ser de distinta índole, así los defectos producidos durante la vida del árbol son denominados defectos de estructura, mientras que los defectos producidos luego del apeo de los árboles son denominados defectos de manipulación.

VIGNOTE y JIMÉNEZ (1996) describen algunos defectos que se pueden hallar en la madera rolliza, éstos son:

1) Nudos:

Es una inclusión de la porción basal de una rama dentro del tallo del árbol. Su influencia como defecto es muy variable, según sea el proceso seguido por esa rama dentro del árbol, y según sea el tipo de transformación industrial del árbol.

2) Curvatura:

Los árboles suelen responder de forma negativa a la fuerza de la gravedad, es decir crecen en sentido contrario a dicha fuerza, lo que origina que los fustes sean por lo general verticales y rectos, pero en ocasiones ésta rectitud no es absoluta, pudiendo aparecer una o varias curvaturas, cuyo origen puede obedecer a causas genéticas, medio ambientales (luz, viento, deslizamiento de tierras, etc.) o a un mal manejo silvicultural o ausencia del mismo.

3) Bifurcaciones:

Como consecuencia de la existencia de la guía terminal, el árbol crece en altura con un único fuste, pero en ciertas ocasiones, ya sea por accidente, ataque de plagas, heladas u otras circunstancias, ésta guía se pierde, pudiendo pasar a realizar la función una o más ramas situadas en la copa, produciéndose el defecto de bifurcación, el cual posteriormente puede ser hereditario.

4) Médula Excéntrica:

Este defecto se origina cuando la anchura de los anillos de crecimiento se produce de forma desigual dentro de una misma capa, repitiéndose esta circunstancia a lo largo de los años. Generalmente se produce cuando el árbol está sometido a un esfuerzo predominante en cierta dirección, a causa del viento, de una pendiente muy acusada, de la ramificación asimétrica de la copa, etc.

5) Acanaladura del Tronco:

En algunos árboles el funcionamiento de la capa cambial es irregular, de tal forma que la capa de madera formada, en lugar de ser circular queda irregularmente ondulada, con aspecto acanalado. Este es un defecto fundamentalmente genético.

6) Rajaduras y Grietas:

Son roturas locales de madera, causadas por esfuerzos superiores a los valores de resistencia de la madera. Si estas roturas atraviesan de lado a lado la sección transversal de la troza se denominan rajaduras, y cuando solo afectan una de esta sección se llaman grietas. Este defecto puede ser causado por el viento, heladas, o por desecación de la troza después de ser tumbada, al perder rápidamente humedad por debajo del punto de saturación de las fibras.

2.7 IMPORTANCIA DE LA DETERMINACIÓN DEL DURAMEN

ALFARO citado por MOYA (2005) señala que uno de los aspectos importantes en la comercialización de las trozas de teca producidas por las plantaciones, es el aspecto de la calidad de las trozas, dentro de esta se encuentra el diámetro mínimo del duramen que deben tener las trozas. Así mismo, el autor indica que en varios lugares de América para los compradores de madera de teca de plantaciones jóvenes es un requisito indispensable que las trozas tengan un diámetro mínimo de duramen entre 8 y 10cm, para ser consideradas como trozas de buena calidad, además de ser rectas, sin torceduras ni presencia de rajaduras por los extremos; en base a todo ello se establecen los precios de la madera.

AKAWASI (2004) acota que en especies con albura y duramen claramente diferenciados, y con alto porcentaje de duramen producirán una madera más vendible. La madera de teca producida en los bosques naturales tiene gran demanda en los mercados internacionales y atrae precios de hasta \$2000/m³ para la madera en troza, debido a la calidad inherente de la madera, por su alta proporción de duramen que tiende a darle un color oscuro de un tono castaño dorado uniforme, así como por contener un extracto (sesquiterpeno) que lo hace muy resistente a los ataques de hongos e insectos. En contraparte, la teca de plantaciones cultivada en turnos de rotación de 21-30 años suele tener una alta proporción de albura, mientras que el duramen tiene un veteado y color inferior, y supuestamente es menos durable, por lo que los precios de esta madera tienden a bajar.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

Las trozas utilizadas en el presente estudio provienen del raleo de una plantación de Teca (*Tectona grandis*) realizado entre los meses de Febrero y Marzo del año 2007. Dicha plantación está ubicada en el Fundo La Génova del IRD - Selva, propiedad de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.

Las trozas fueron aserradas durante el mes de Mayo, en el aserradero Industria Maderera de la Selva Central Heinz Hammer San Ramón E.I.R.L, ubicado en la Av. Del Ejército 237, distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, el cual tiene una producción promedio de 5724pt/día de madera aserrada, trabajando un turno de 8 horas, 5 días a la semana, 11 meses al año, asimismo trabaja con madera propia, y también brinda servicios de aserrío.

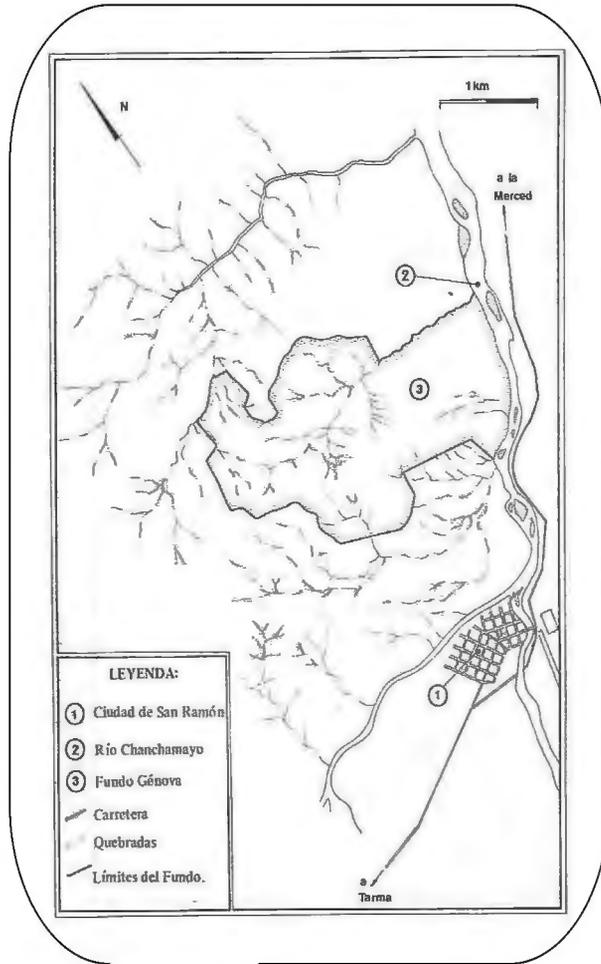
3.1.1 LOCALIZACIÓN

El fundo La Génova está localizado en la selva central del Perú, en el departamento de Junín, provincia de Chanchamayo entre los distritos de San Ramón y La Merced, al lado opuesto del Río Chanchamayo, ubicado aproximadamente entre las coordenadas UTM 8 771,500 – 8 774, 500 N y 459, 500 – 463, 500 W.

En la Figura 1 se muestra la ubicación de la provincia de Chanchamayo dentro del departamento de Junín, así como el croquis del fundo La Génova, y en la Figura 2 se aprecia la ubicación de las plantaciones de teca al interior del fundo La Génova.

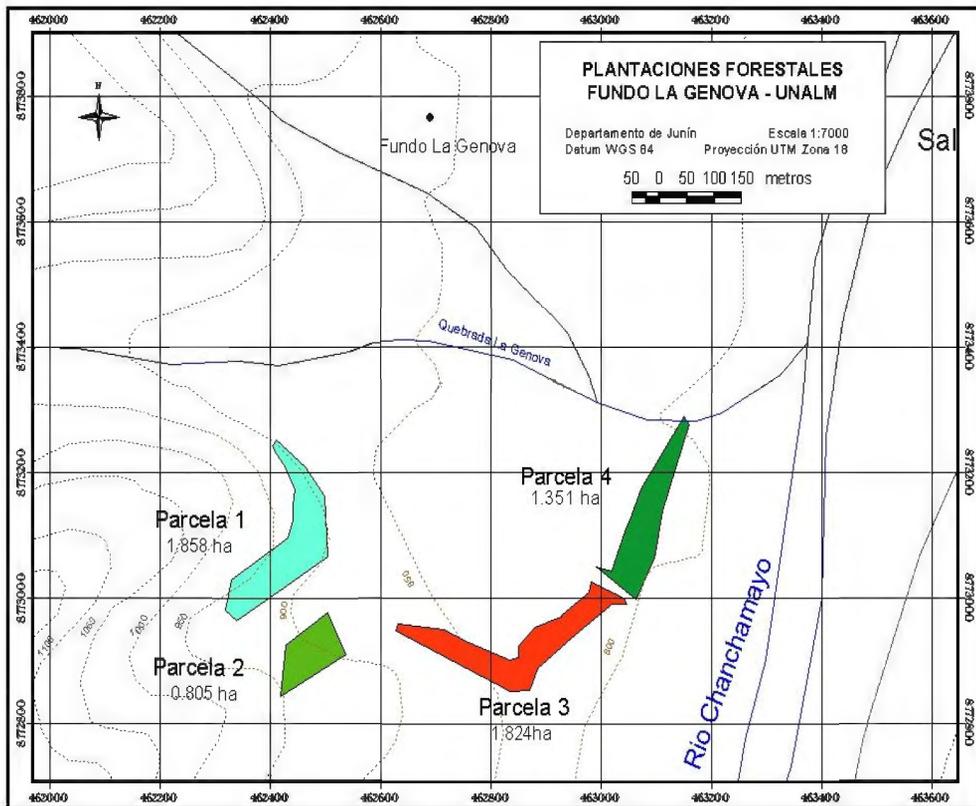
3.1.2 FISIOGRAFÍA

DANCÉ (1982) señala que la región de Chanchamayo, se caracteriza por presentar predominantemente un paisaje montañoso con pendientes fuertes a muy fuertes. Únicamente en las márgenes de los ríos se presentan pequeñas terrazas de origen aluvial, y completan el paisaje algunas áreas colinosas de menor altura relativa y con pendientes medias a fuertes.



Fuente: REYNEL y LEÓN (1989) y www.app.seace.gob.pe

Figura 1 Ubicación de la Provincia de Chanchamayo y Croquis del Fundo La Génova.



Fuente: BULNES et al (2007).

Figura 2 Ubicación de la Plantación de Teca en el Fundo La Génova

3.1.3 HIDROGRAFÍA

Según el Instituto Geográfico Nacional (1989), el valle de Chanchamayo tiene un sistema hidrográfico poco complejo, que se origina en Tarma a 50km de San Ramón. En un inicio, y a 10km de San Ramón, el Río Palca de cauce angosto y caudal torrentoso, se une al río Oxabamba que tiene un mayor caudal para formar el Río Chanchamayo, el cual se une al Río Paucartambo para dar origen al Río Perené.

3.1.4 CLIMA

CÁCERES (2004) señala que la zona presenta una temperatura media anual de 23,1°C, con una máxima promedio de 30,1°C y una mínima promedio de 16,7°C. La precipitación promedio anual, según REYNEL y LEON (1989) es de 2010mm; con épocas claramente definidas de mayor precipitación que van de diciembre a marzo, y periodos de menor precipitación que van de junio a agosto.

3.1.5 CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA

Al describir la ecología del Fundo La Génova, SILVA (2005) toma en cuenta tres tipos de clasificación ecológica:

- 1) De acuerdo a la clasificación de Zonas de Vida por Holdridge, el Fundo La Génova está dentro del Bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT).
- 2) De acuerdo a la clasificación de Ecorregiones por Brack, el Fundo La Génova y el Valle de Chanchamayo pertenecen a la ecorregión de Selva Alta o Yunga.
- 3) Según la clasificación del Mapa Forestal elaborado en 1995 por la Dirección General Forestal del INRENA, casi la totalidad del valle de Chanchamayo, incluyendo al Fundo La Génova, pertenecen al estrato denominado Áreas Deforestadas.

3.1.6 SUELOS

DANCÉ (1984) clasifica los suelos del Fundo La Génova, de acuerdo a su origen y posición geográfica en:

- 1) Suelos Coluvio-Aluviales Locales:

Suelos que han sido formados generalmente a partir de materiales gruesos o medios, acumulados por acción gravitacional en la base de las pendientes empinadas o acarreadas desde lugares cercanos por acción del agua de escorrentía. Se encuentran distribuidas a lo largo de quebradas estrechas. Estos suelos son pardo rojizo oscuros de texturas gruesas a medias y de pH extremadamente ácido a neutro. Gran parte de estas tierras están cubiertas por cultivos permanentes.

2) Suelos Residuales en Ladera y Cima de Cerros:

Suelos de formación “in situ”, de topografía quebrada, de textura pesada, ácidos de baja fertilidad y capacidad productiva. La mayor parte de la superficie de estas tierras se halla cubierta por vegetación natural.

3.1.7 VEGETACIÓN

ANTÓN Y REYNEL (2004), señalan que en el Fundo Génova existen bosques naturales que presentan tres estratos principales estos son: el nivel emergente del dosel, el estrato arbóreo intermedio y el estrato arbustivo o sotobosque. En este bosque la cantidad de Orquídeas, Bromelias y Aráceas es relativamente baja; existe una gran proliferación de árboles estranguladores del género *Ficus* y no hay presencia de helechos arbóreos, en cuanto a palmeras, se observa frecuentemente las especies *Socratea exorrhiza* y *Phytelephas macrocarpa*. Además existe gran cantidad de familias arbóreas frecuentemente Lauraceae, Fabaceae, Moraceae, Cecropiaceae, Rubiaceae, Clusiaceae, Ulmaceae entre muchas otras; hay predominancia de especies esciófitas características del bosque maduro.

3.1.8 POBLACIÓN Y ACTIVIDAD ECONÓMICA

ANTÓN y REYNEL (2004) haciendo referencia al INEI (1998) señalan que actualmente la provincia de Chanchamayo registra una población de aproximadamente 132 900 habitantes. Destacan que la actividad económica de mayor importancia actual es la agrícola, dentro de la que se da mayor énfasis a la fruticultura, en especial a la producción de cítricos. Por otra parte la actividad forestal ha sido relegada, debido a la gran deforestación que ha sufrido esta zona, por lo que actualmente en San Ramón sólo se hallan operando 2 aserraderos. De modo interesante, el turismo ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años, debido a que la selva central presenta numerosos paisajes atractivos, así como singulares bellezas escénicas.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIALES

- 100 trozas de teca de raleo de diversas dimensiones.
- Formatos de registro.
- Libretas de campo.
- Crayones.
- Tizas.
- Útiles de escritorio

3.2.2 EQUIPOS

- Winchas de 5m.
- Cámara fotográfica digital.
- Instalaciones del aserradero Industria Maderera de la Selva Central Heinz Hammer San Ramón E.I.R.L.
- Computadora (con Ms Word, Ms Excel y Minitab).

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA DE ASERRÍO

Se caracterizó la planta de aserrío tomando en cuenta las especificaciones técnicas de los equipos utilizados, así como las características más importantes del aserradero, que son consideradas de importancia para validar el presente estudio.

Entre las especies que asierran con mayor frecuencia destacan: diablo fuerte (*Podocarpus sp*), alcanfor (*Cinnamomum camphora*), nogal negro (*Juglans sp*), tulpay (*Clarisia racemosa*), congona (*Brosimum alicastrum*), matapalo (*Ficus anthelmintica*), moena amarilla (*Nectandra sp*), ulcumanu (*Podocarpus sp*), requia (*Guarea guidonia*), roble blanco (*Tabebuia rosea*),

roble amarillo (*Terminalia amazonia*), entre otras. Esta madera proviene de lugares como: Oxapampa (Purrao, Narancocha), Jauja (Mariscal Cáceres), Perené (San Carlos de Ubiriqui), siendo transportada principalmente por vía terrestre, haciendo uso de camiones tronqueros.

El principal producto que comercializa la empresa es madera aserrada, aunque a veces y a pedido de algunos clientes se elaboran machihembrado-parquet. El mercado de destino es la zona de selva central (San Ramón, La merced, Perené, Oxapampa, Villarrica, etc.), así como Huancayo, Tarma y Lima.

El área total de la planta es de 3204.33m², y tiene la siguiente distribución:

- El área techada para aserrío, reaserrío, apilado de madera aserrada, taller de afilado, oficinas y almacén ocupa una extensión de 1037.63m².
- El área para almacenamiento en el patio de trozas y patio de residuos ocupa una extensión de 2166.70m².

Este aserradero no cuenta con un sistema de drenaje adecuado, ni con un sistema de extracción de polvillo, además las instalaciones eléctricas no están bien protegidas.

En el cuadro 2 y 3 se presentan las características de las máquinas del aserradero y de los equipos de taller de aserrado respectivamente.

Cuadro 2 Características de las Maquinas del Aserradero.

<i>Maquinas del Aserradero</i>	<i>Características</i>
Sierra principal de cinta	<p>Marca: Willian Gillet – Francia. Año de fabricación: 1965. Motor: Trifásico de 40hp, marca Moteur Asynchrone. Transmisión: 6 fajas tipo V. Diámetro de volante: 1m. Ancho de cinta: 10cm. Tipo de dientes: Simples. Espesor de corte: 3mm. Duración de cinta: Variable según madera a cortar. Eliminación de aserrín: Fosa bajo la sierra. Mantenimiento: Cada 48 horas engrase y limpieza.</p>
Carro portatrazas	<p>Marca: Willian Gillet – rancia. Año de fabricación: 1965. Winche: Mecánico. Cable del winche: longitud 12m, diámetro 5/8". Longitud de rieles: 15m. Distancia entre rieles: 1,18m. Ancho del carro: 5,5m. Número de ruedas: 10 Número de escuadras: 3 Graduación de corte: Mecánica de 0 a 2". Volteo de trozas: Manual. Mantenimiento: Semanal.</p>
Canteadora simple	<p>Motor: Trifásico de 2,8hp, marca ASEA – Perú. Transmisión: 2 fajas tipo V. Diámetro del disco: Máximo 14". Tipo de dientes del disco: Simple. Afilado del disco: 1 vez por día. Espesor de corte: 3mm. Aserrín: Acopio al costado de la máquina. Mantenimiento: Semanal.</p>
Despuntadora monoriel	<p>Motor: Trifásico de 5,5hp, marca Luseye – Chile. Transmisión: 3 fajas tipo V. Número de sierras: 1 Diámetro de disco: Máximo 18". Tipo de dientes: Fijos y diamantados, duración 3 meses. Espesor de corte: 3mm. Número de rodillos muertos: 12 de pista lisa. Longitud de mesa de apoyo: 7,1m. Aserrín: Acopio al costado de la máquina Mantenimiento: Semanal.</p>

Cuadro 3 Características de los Equipos del Taller de Afilado.

<i>Equipos del Taller de Afilado</i>	<i>Características</i>
Afiladora de sierra cinta	Motor: Trifásico de 0,5hp, marca Brown Boveri – Suiza. Transmisión: 2 fajas planas. Herramienta: Piedra esmeril circular. Tiempo para afilar: 15 minutos.
Afiladora de sierra circular	Motor: Trifásico de 1hp, marca Brown Boveri – Suiza. Transmisión: 1 faja tipo V, estriada. Herramienta: Piedra esmeril circular. Tiempo de afilado: 30 minutos.
Roladora	Motor: Trifásico de 1hp. Transmisión: 1 faja plana. Herramienta: 2 rodillos de presión. Función: Tensionar y dar curvatura a la cinta.
Fragua	Funcionamiento: a carbón de piedra o leña. Función: Calentar los cautines para soldar.
Prensa para soldar	Función: Apretar el conjunto de cautines sobre la porción de cinta a soldar.

El aserradero cuenta con 13 trabajadores estables entre personal administrativo y personal de planta, sin embargo el número de obreros varía según la producción; adicionalmente la empresa cuenta con un contador externo. El personal obrero no cuenta con capacitación técnica, pero sí posee varios años de experiencia en la línea.

A continuación se detalla el personal administrativo y obrero del aserradero donde se ejecutó el estudio.

1) Personal administrativo:

- 1 administrador (que a su vez cumple la función de secretario).

2) Personal de planta:

- 1 jefe de línea (que a su vez apoya en la atención a los clientes)
- 1 afilador.
- 1 aserrador y 1 ayudante.
- 1 canteador y 1 ayudante.
- 1 despuntador y 1 ayudante.
- 4 planchoneros (ayudantes en la sierra principal, además en el movimiento de las trozas, la madera aserrada, así como de los residuos).

3.3.2 RECOPIACIÓN DE DATOS

Se tomó al azar una muestra de 100 trozas de teca de un lote de 750 trozas provenientes del primer raleo de una plantación de 26 años, a partir de las cuales se registró la siguiente información:

1) En la plataforma de carga de la sierra principal:

- Código de la troza, en base a números.
- Medidas de los diámetros mayor y menor de cada extremo (en cruz), considerando la corteza, en centímetros.

- Medidas del espesor de corteza en ambos extremos, en centímetros.
- Medidas de los diámetros mayor y menor del duramen de cada extremo (en cruz), en centímetros.
- Longitud de la troza en metros.
- Defectos que presentaron las trozas.

2) A la salida de la sierra principal:

- Código de las piezas aserradas obtenidas, en base al código de sus respectivas trozas.

3) A la salida de la despuntadora:

- Número clave de la troza de la cual provenían las tablas.
- Dimensiones de las tablas: ancho, espesor y largo, en centímetros y metros. Tanto para el ancho como para el espesor se registraron dos medidas en los dos extremos de las tablas.

Las tablas que se obtuvieron del aserrío fueron clasificadas en comercial, larga angosta, corta y paquetería, con la salvedad de que es madera proveniente de raleo.

3.3.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

Con la información recopilada se procedió a realizar los siguientes cálculos básicos:

- 1) Cubicación de cada troza en m³, empleando la fórmula de Smalian, que considera a la troza como un cilindro geométrico cuya base es el promedio de los diámetros de sus extremos y su altura es la longitud de la troza.

$$V = \frac{(A_1 + A_2) \times L}{2}$$

Donde:

V = Volumen de la troza en m³ sin corteza.

A₁ = Área basal mayor de la troza en m² sin corteza.

$A_2 =$ Área basal menor de la troza en m^2 sin corteza.

$L =$ Longitud de la troza en m.

- 3) Cubicación de cada pieza de madera aserrada en m^3 , usando espesor(m) x ancho(m) x largo(m).
- 4) Determinación del factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada, mediante la siguiente relación:

$$F.C. = \frac{V(s)}{V(r)} \times 100$$

Donde:

F.C. = Factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada en %.

$V(s) =$ Volumen de madera aserrada en m^3 .

$V(r) =$ Volumen de madera rolliza en m^3 .

- 5) Caracterización de los defectos de las trozas evaluadas.
- 6) Cubicación del duramen en m^3 empleando la fórmula de Smalian señalada en el punto 1.
- 7) Determinación de la calidad de las trozas en función a la proporción del duramen, mediante la siguiente relación:

$$P.D. = \frac{V(d)}{V(r)} \times 100$$

Donde:

P.D. = Proporción de duramen en %.

$V(d) =$ Volumen del duramen en m^3 .

$V(r) =$ Volumen de madera rolliza en m^3 .

3.3.4 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL FACTOR DE CONVERSIÓN Y LA PROPORCIÓN DE DURAMEN EN LA TROZA

Se determinaron las medidas de tendencia central y de dispersión considerando las siguientes variables:

- Diámetro promedio de troza (X_1), variable independiente.
- Longitud de troza (X_2), variable independiente.
- Factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada (Y_1), variable dependiente.
- Proporción de duramen (Y_2), variable dependiente.

El grado de asociación lineal entre las variables dependientes y las variables independientes, se estableció mediante el coeficiente de correlación simple (r) para las siguientes posibles asociaciones:

- Factor de conversión vs. diámetro promedio de la troza.
- Factor de conversión vs. longitud de troza.
- Proporción de duramen vs. diámetro promedio de la troza.

Los resultados fueron comparados con el valor de la tabla de significación del coeficiente de correlación a un nivel de 0,05.

Antes de realizar el análisis de regresión se hizo un diagrama de dispersión de los valores de cada factor de conversión y de cada proporción de duramen, con la finalidad de determinar el tipo de curva que mejor se ajuste a los datos.

Utilizando el método de mínimos cuadrados se realizó un análisis de regresión simple para las relaciones existentes entre las variables: diámetro promedio – factor de conversión, longitud de troza – factor de conversión y diámetro promedio – proporción de duramen; determinándose así una ecuación de regresión para la especie.

En este análisis de regresión se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Análisis de residuales, para validar el modelo de regresión, el cual se realizó teniendo en cuenta los conceptos de MONTGOMERY y RUNGER (2006).
- Análisis de variancia (ANVA) de la regresión.
- Variancia, desviación estándar e intervalo de confianza del coeficiente de regresión.
- Variancia y desviación estándar de la regresión.
- Variancia, desviación estándar y límites de confianza del factor de conversión y de la proporción de duramen estimados por sus respectivas ecuaciones de regresión.

Además se realizó un análisis de regresión múltiple entre las variables factor de conversión – diámetro promedio y longitud de troza.

3.3.5 ELABORACIÓN DE UNA TABLA DE RENDIMIENTO DE MADERA ASERRADA PARA TROZAS DE RALEO

Una vez determinada la ecuación de regresión que permite estimar el factor de conversión para la teca, se elaboró una tabla de rendimiento de madera aserrada, teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- 1) Considerando la frecuencia de longitud de trozas y la amplitud de la variable diámetro promedio de troza se calculó el volumen rollizo en m^3 para cada una de las posibles combinaciones pre-determinadas (diámetro promedio – longitud de troza).
- 2) Utilizando la ecuación de regresión determinada, se estimó el factor de conversión para cada uno de los diámetros promedios de trozas pre-determinadas.
- 3) Se estimó el volumen en m^3 de madera aserrada a obtenerse de cada una de las posibles combinaciones multiplicando el volumen rollizo por su respectivo factor de conversión.
- 4) Teniendo en cuenta que $1m^3$ de madera aserrada es igual a 424pt, se convirtió el volumen de madera aserrada de metros cúbicos a pies tablares.
- 5) Los volúmenes obtenidos fueron ordenados en una tabla de doble entrada. En la parte superior de ésta se indica la longitud de las trozas en pies y en metros, y en el lado

izquierdo, en sentido vertical se indican los diámetros promedios de las trozas en pulgadas y centímetros, sin corteza.

3.3.6 COMPARACIÓN DEL VOLUMEN REAL DE MADERA ASERRADA CON LOS VOLÚMENES ESTIMADOS POR LAS TABLAS DOYLE, OXAPAMPINA Y LA ELABORADA EN EL PRESENTE ESTUDIO

Con el objetivo de evaluar la exactitud de las tablas de cubicación, se tomaron al azar 30 trozas y se compararon sus volúmenes aserrados con los volúmenes estimados de madera aserrada por cada tabla de rendimiento, expresándose la diferencia de totales en porcentaje del volumen real de madera aserrada.

Así mismo se realizó el análisis de medias en muestras pareadas para conocer el grado de significación del volumen estimado por cada una de las tablas de rendimiento respecto al volumen real.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS TROZAS DE TECA

4.1.1 AGRUPAMIENTO DIAMÉTRICO

Para realizar la distribución de diámetros se aplicó la Regla de Sturges, por medio del cual se determinaron el número de clases diamétricas y la amplitud de las mismas.

Los diámetros de la muestra varían entre 13,45cm y 41,1cm. La distribución de diámetros de las 100 trozas se presenta en la Figura 3, como puede observarse, el mayor número de trozas se encuentra entre 20,73cm y 31,65cm, el cual representa el 58% del total.

4.1.2 AGRUPAMIENTO LONGITUDINAL

Las clases longitudinales también se determinaron haciendo uso de la Regla de Sturges. La muestra de 100 trozas presentó longitudes variables de 1,64m a 3,25m. La Figura 4 muestra la distribución de longitudes y permite observar que el 61% de las trozas tienen una longitud que varía entre 2,9m y 3,32m.

Por lo general sólo se obtuvieron 1 ó 2 trozas aserrables de los árboles provenientes de raleo, esto se debe principalmente a que dichos árboles no cuentan con grandes diámetros, así como a la presencia de defectos en los mismos.

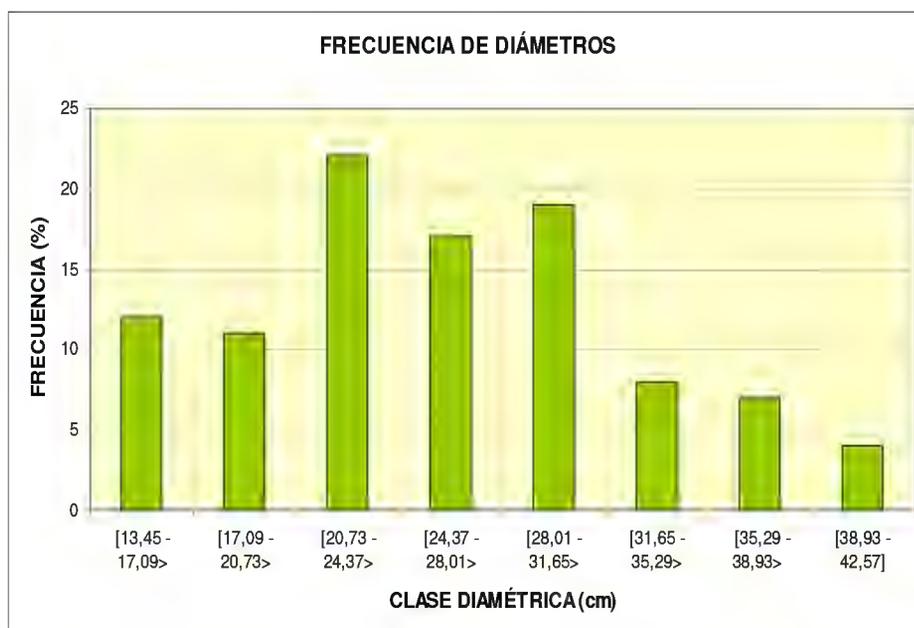


Figura 3 Frecuencia de Diámetros de Trozas.

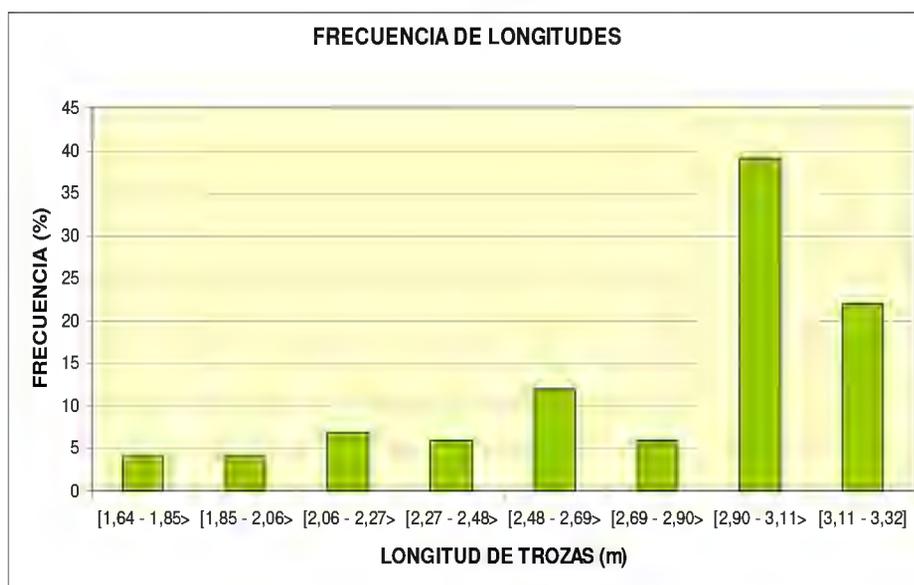


Figura 4 Frecuencia de Longitudes de Trozas.

4.1.3 CLASIFICACIÓN PRELIMINAR DE LAS TROZAS SEGÚN DEFECTOS

Los defectos son comunes en las trozas provenientes de raleo, por tanto en el estudio se caracterizan las trozas evaluadas en base a sus defectos, los cuales fueron muy variables.

Los defectos presentes con mayor frecuencia fueron irregularidad en la sección y curvatura de la troza, y con menor frecuencia presentaron rajaduras, médula excéntrica, grietas, nudos, huecos y bifurcaciones.

La base de clasificación para el tipo de irregularidad en la sección de la troza, se presenta en el Cuadro 4, este cuadro se elaboró de acuerdo a la relación existente entre el área basal real en la sección de diámetro mayor, determinada mediante papel milimetrado, y el área basal matemática en la sección de mayor diámetro, determinada mediante la fórmula:

$$AB = \pi \times R^2$$

Donde:

AB = Área basal matemática.

R = Radio de diámetro promedio mayor con corteza.

El criterio aplicado consideró que cuanto más se aleje el valor del área basal real al valor del área basal matemática, mayor será la irregularidad en la sección de la troza.

La curvatura es el segundo defecto más frecuente, pues 43 trozas presentaron este defecto, siendo el tipo curvatura leve el más frecuente. El Cuadro 5 muestra la base de clasificación con la que se trabajó.

Las rajaduras son el tercer defecto más frecuente, estas fueron en su mayoría leves, siendo la más grave de las siguientes dimensiones: 1,5cm de abertura x 21cm de longitud. Por otro lado el hueco más grave presentó las siguientes dimensiones: 12cm de diámetro x 17cm de longitud.

En el Cuadro 6 se presenta la distribución de las trozas según la clase de defecto que presentaron, se observa que la mayoría de las trozas (75 trozas) presentaron irregularidad en la

sección de la troza, denominado por VIGNOTE y JIMÉNEZ (1996) como acanaladura del tronco.

En el Cuadro 7 se presenta la distribución de las trozas según la cantidad de defectos observados, se aprecia que en una misma troza se encontraron varios defectos, la mayor cantidad de trozas (34 trozas) presentaron 3 defectos, y únicamente 3 trozas no presentaron defectos visibles. Es posible que además de los defectos visibles presentaran otros internos como tensiones, ya que la plantación se encuentra sobre laderas que tenían pendientes de 45° aproximadamente.

Cuadro 4 Clasificación Preliminar por Irregularidad en la Sección.

Tipo de Irregularidad en la Sección	Relación entre el Área Basal Real y el Área Basal Matemática
Irregular 1	0,999 - 0,90
Irregular 2	0,899 - 0,80
Irregular 3	0,799 - 0,70
Irregular 4	0,699 - 0,60

Cuadro 5 Clasificación Preliminar por Curvatura.

Tipo de Curvatura	Flecha Promedio (cm/m)
Leve	1,8
Media	2,5
Fuerte	3,7

Cuadro 6 Distribución de las Trozas Según el Tipo de Defecto Visible.

Defecto General	Clase de Defecto	Nº de Trozas	Total de Trozas
Irregularidad	Irregular 1	40	75
	Irregular 2	28	
	Irregular 3	6	
	Irregular 4	1	
Curvatura	Leve	20	43
	Media	15	
	Fuerte	8	
Rajadura (abertura = 1,5cm, longitud = 21cm)		41	41
Médula excéntrica		30	30
Agrietado		26	26
Nudos		19	19
Hueco (diámetro = 12cm, longitud = 17cm)		17	17
Bifurcado		2	2

Cuadro 7 Distribución de las Trozas Según la Cantidad de Defectos Visibles.

Presencia de Defectos	Nº de trozas	Porcentaje
1 defecto	15	15%
2 defectos	29	29%
3 defectos	34	34%
4 defectos	17	17%
5 defectos	2	2%
Sin defectos	3	3%

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MADERA ASERRADA

4.2.1 FRECUENCIA DE ESPESORES, ANCHOS Y LONGITUDES DE LA PIEZAS ASERRADAS

En el proceso de aserrío se obtuvieron piezas aserradas de diferentes dimensiones. El espesor, ancho y largo de éstas dependió básicamente de la calidad y dimensiones de las trozas.

En los Cuadros 8, 9 y 10 se presentan las frecuencias de los espesores, anchos y largos respectivamente, de las piezas aserradas obtenidas.

En el Cuadro 8 se observa que el 84,6% de las piezas aserradas tienen un espesor que varía entre 1" y 2". Así mismo en el Cuadro 9 se puede ver que el 74,7% de las piezas aserradas presentan un ancho que varía entre 2" y 5"; mientras que en el Cuadro 10 el 77,3% de las piezas aserradas tienen una longitud que varía entre 7' y 10'.

4.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PIEZAS ASERRADAS EN BASE A SUS DIMENSIONES

Debido a que las dimensiones de las piezas aserradas fueron muy variables, se realizó la clasificación de las mismas según sus dimensiones. Esta clasificación tiene como base el Cuadro 11 en el que se consignan cuatro denominaciones en base a las dimensiones de las piezas aserradas.

En el Cuadro 12 se presentan los resultados de dicha clasificación, en este se puede ver que el mayor número de piezas se encuentra en la denominación Paquetería, sin embargo, el mayor volumen de madera aserrada está dentro de la denominación Comercial, esto se debe a que estas piezas presentan mayores dimensiones, y en consecuencia mayores volúmenes.

Cuadro 8 Frecuencia de Espesores de las Piezas Aserradas.

<i>Espesor de Tabla</i>	<i>Nº de Piezas Aserradas</i>	<i>Frecuencia</i>
3/4"	46	7,6%
1"	269	44,2%
1 3/4"	101	16,6%
2"	145	23,8%
3"	36	5,9%
4"	12	2,0%

Cuadro 9 Frecuencia de Anchos de las Piezas Aserradas.

<i>Ancho de Tabla</i>	<i>Nº de Piezas Aserradas</i>	<i>Frecuencia</i>
2"	86	14,1%
3"	153	25,1%
4"	137	22,5%
5"	79	13,0%
6"	59	9,7%
7"	31	5,1%
8"	35	5,8%
9"	14	2,3%
10"	8	1,3%
11"	5	0,8%
12"	2	0,3%

Cuadro 10 Frecuencia de Longitudes de las Piezas Aserradas.

<i>Longitud de Tabla</i>	<i>Nº de Piezas Aserradas</i>	<i>Frecuencia</i>
2'	6	1,0%
3'	14	2,3%
4'	17	2,8%
5'	47	7,7%
6'	53	8,7%
7'	66	10,8%
8'	130	21,4%
9'	108	17,7%
10'	167	27,4%
11'	1	0,2%

Cuadro 11 Base de Clasificación para la Distribución de las Piezas Aserradas de Acuerdo a sus Dimensiones.

Denominación	Espesor	Ancho	Longitud
Comercial	1" a 4"	desde 6"	6' a 16'
Larga angosta	1" a 4"	menor a 6"	6' a 16'
Corta	1" a 4"	desde 4"	menor a 6'
Paquetería	desde 3/4"	menor a 4"	menor a 6'

Fuente: INRENA y elaboración propia.

Cuadro 12 Distribución de las Piezas Aserradas Según sus Dimensiones.

Denominación	Nº de Piezas	Volumen (m³)	Volumen (pt)	Volumen (%)
Comercial	123	3,52	1493,62	44,67
Larga Angosta	181	2,33	987,42	29,53
Corta	50	0,50	213,77	6,39
Paquetería	255	1,53	648,82	19,40

4.3 ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES EVALUADAS

4.3.1 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y DISPERSIÓN

En el Cuadro 13 se presenta la estadística descriptiva para las variables diámetro promedio de la troza, longitud de la troza, factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada y proporción de duramen de la especie *Tectona grandis*.

Como se observa en el Cuadro 13, las trozas tienen un diámetro promedio de 25,83cm, el cual está por debajo del diámetro comercial en la zona, éstas trozas provienen del primer raleo de una plantación de 26 años, sin ningún tipo de intervención silvicultural.

La longitud promedio de 2,79m fue dada durante el raleo de la plantación, teniendo en cuenta los defectos presentes en el fuste y la facilidad para el desembosque y el transporte.

El factor de conversión promedio de 48%, puede considerarse como un alto rendimiento comparado con los factores de conversión determinados para trozas de teca por UGALDE y GÓMEZ (2006) que mencionan un rendimiento de 44%, por MORA y HERNÁNDEZ (2007) los cuales determinaron un rendimiento de 42% para trozas con diámetros entre 30cm y 50cm, y de 54% para trozas con diámetros entre 15cm y 30cm, y por FONSECA (2004), el cual reporta un rendimiento de 41% para trozas de teca de diámetros entre 10 y 15cm, y de 47% para diámetros de 15 a 25cm.

En cuanto a la proporción de duramen, el promedio de 56% significa un diámetro promedio de duramen de 14,5cm; por tanto, y sin tener en cuenta los defectos propios de las trozas provenientes de raleo, permitiría afirmar que las trozas de teca son de mayor valor comercial, pues según ALFARO citado por MOYA (2005), un requisito indispensable para que las trozas se consideren de buena calidad es que tengan un diámetro mínimo de duramen entre 8 y 10cm.

En el Cuadro 13 se muestran los valores de las medidas de dispersión de las variables evaluadas para la teca. Se aprecia que tanto el diámetro promedio, como el factor de conversión y la proporción de duramen presentan altos coeficientes de variación en comparación con la longitud de troza, esto debido a que la longitud es determinada por los motosierristas, y generalmente se dan longitudes de 2,5m.

Debido a que las trozas provienen de una plantación, y que se han desarrollado bajo condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas similares, se esperaría que tengan diámetros parecidos y por tanto un coeficiente de variación bajo; sin embargo, éstas provienen del primer raleo de una plantación de 26 años, por lo que es comprensible que el coeficiente de variación tenga un valor de 26,64%.

La variabilidad que presenta la proporción de duramen podría estar explicada por la falta de un manejo silvicultural, la cual afectó directamente al diámetro de los árboles.

La variabilidad en el factor de conversión se puede explicar tanto por la variabilidad del diámetro, así como por otros factores mencionados por TARANCO (1973) tales como ancho de corte de la sierra, dimensiones del ancho, largo y espesor de la madera aserrada obtenida, eficiencia del aserrador, entre otros.

4.3.2 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

En el Cuadro 14 se dan los valores de los coeficientes de correlación simple para las siguientes relaciones:

- Factor de conversión vs. Diámetro promedio
- Factor de conversión vs. Longitud de troza
- Proporción de duramen vs. Diámetro promedio

En el Cuadro 14 se puede ver que existe una correlación lineal significativa entre la variable dependiente factor de conversión y la variable independiente diámetro promedio, entre la variable dependiente factor de conversión y la variable independiente longitud de troza, y entre la variable dependiente proporción de duramen y la variable independiente diámetro promedio.

Al analizar el comportamiento del factor de conversión en función al diámetro promedio se observa que existe una correlación directa entre éstas variables con un coeficiente de 0,44, que indica una ligera asociación lineal.

Por otro lado, la correlación existente entre las variables factor de conversión y longitud de troza es -0,217, la cual es menor que la existente entre el factor de conversión y el diámetro

promedio, lo que permite afirmar que la variación existente en el factor de conversión casi no es explicada por los cambios en la longitud de las trozas.

Para el caso de las variables proporción de duramen y diámetro promedio, la correlación es directa, con un coeficiente de 0,533, éste a diferencia de los anteriores es más cercano a 1, lo que evidencia una asociación lineal entre las variables mencionadas.

Las trozas provenientes de una plantación, suponen cierta homogeneidad en cuanto a sus características morfológicas, y por tanto coeficientes de correlación altos. Sin embargo, una de las razones que explicaría los coeficientes de correlación obtenidos entre las variables analizadas, es el hecho de que las trozas provienen del raleo de una plantación que no tuvo ninguna intervención silvicultural, y por tanto estas trozas presentaban cierto grado de heterogeneidad.

En forma complementaria, y con la finalidad de determinar la curva que mejor podría ajustarse a los resultados obtenidos se realizaron diagramas de dispersión de datos para las siguientes relaciones:

- Factor de conversión (eje Y) vs. Diámetro promedio (eje X)
- Factor de conversión (eje Y) vs. Longitud de troza (eje X)
- Proporción de duramen (eje Y) vs. Diámetro promedio (eje X)

Estos diagramas dieron indicios de que se tratarían de relaciones lineales directas para el caso del factor de conversión vs. diámetro promedio y proporción de duramen vs. diámetro promedio; y de una relación lineal inversa para el caso del factor de conversión vs. longitud de troza.

Cuadro 13 Media Aritmética y Medidas de Dispersión para las Variables Evaluadas en el Estudio de Rendimiento de la Especie *Tectona grandis*.

Variable	Estadístico	Valor
Diámetro Promedio (sin corteza)	Media aritmética (cm)	25,83
	Desviación Estándar (cm)	6,88
	Coefficiente de Variación (%)	26,64
Longitud de Troza	Media aritmética (m)	2,79
	Desviación Estándar (m)	0,42
	Coefficiente de Variación (%)	15,14
Factor de Conversión	Media Aritmética (%)	48,00
	Desviación Estándar	0,13
	Coefficiente de Variación (%)	26,04
Proporción de Duramen	Media Aritmética (%)	56,00
	Desviación Estándar	0,12
	Coefficiente de Variación (%)	21,88

Cuadro 14 Coeficientes de Correlación Simple para las Relaciones: Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio, Factor de Conversión vs. Longitud de Troza, y Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio.

Relación	Coefficientes de Correlación		Significación
	Tabular (0,05)	Calculado	
Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio	+/- 0,197	0,442	*
Factor de Conversión vs. Longitud de Troza	+/- 0,197	- 0,217	*
Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio	+/- 0,197	0,533	*

En la Figura 5 se aprecia la línea de tendencia que explica una relación lineal directa entre el diámetro promedio y el factor de conversión. Se observa que, hay claros indicios de que los puntos se encuentran dispersos aleatoriamente alrededor de una línea recta, optándose finalmente por un modelo de regresión lineal simple.

En la Figura 6 se observa la línea de tendencia que explica una relación lineal inversa entre la longitud de troza y el factor de conversión. En este caso, al observarse la disposición de los puntos en la grafica se puede ver que no existe ningún tipo de relación notoria entre las variables, pero siguen un orden más o menos lineal, por lo que también se optó por realizar una regresión lineal simple.

La disposición irregular de los puntos, así como la relación inversa entre el factor de conversión y la longitud de troza que se observa en la Figura 6, se debe principalmente a la presencia de ciertos defectos tales como curvatura (media y fuerte), irregularidad, rajadura y médula excéntrica; los cuales se presentaron en conjunto o por separado en las trozas que dieron menores rendimientos. Dichos defectos son recurrentes sobre todo en las trozas de mayor longitud que dieron rendimientos bajos; mientras que la mayoría de las trozas de menor longitud que muestran altos rendimientos no los presentaron.

La Figura 7 muestra que la línea de tendencia explica una relación lineal directa entre el diámetro promedio y la proporción de duramen. Al igual que en la relación factor de conversión vs. diámetro promedio, la curva lineal es la que mejor se ajusta a la disposición de los datos en el grafico de dispersión; por lo que en este caso también se optó por un modelo de regresión lineal simple.

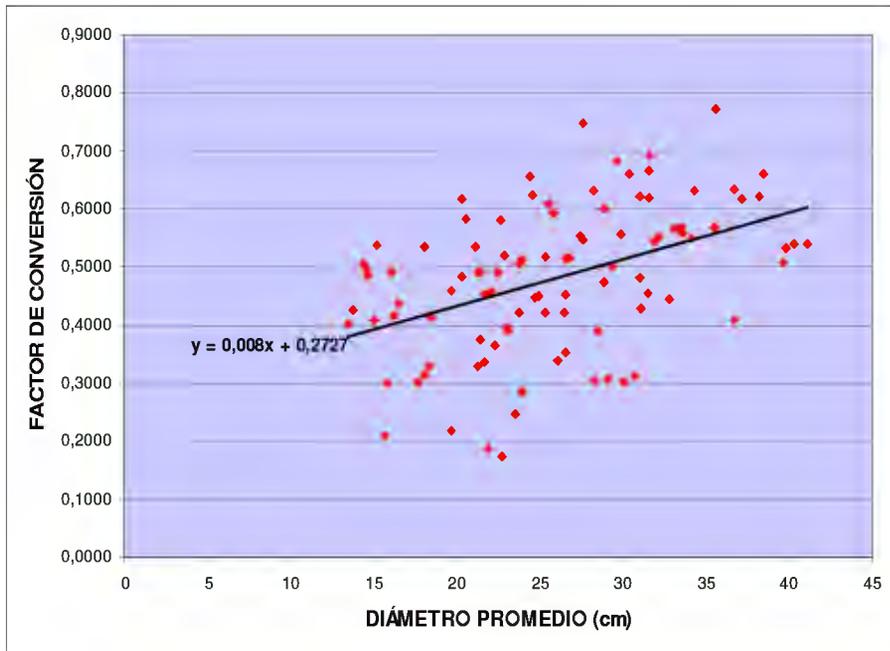


Figura 5 Diagrama de Dispersión de la Correlación Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio.

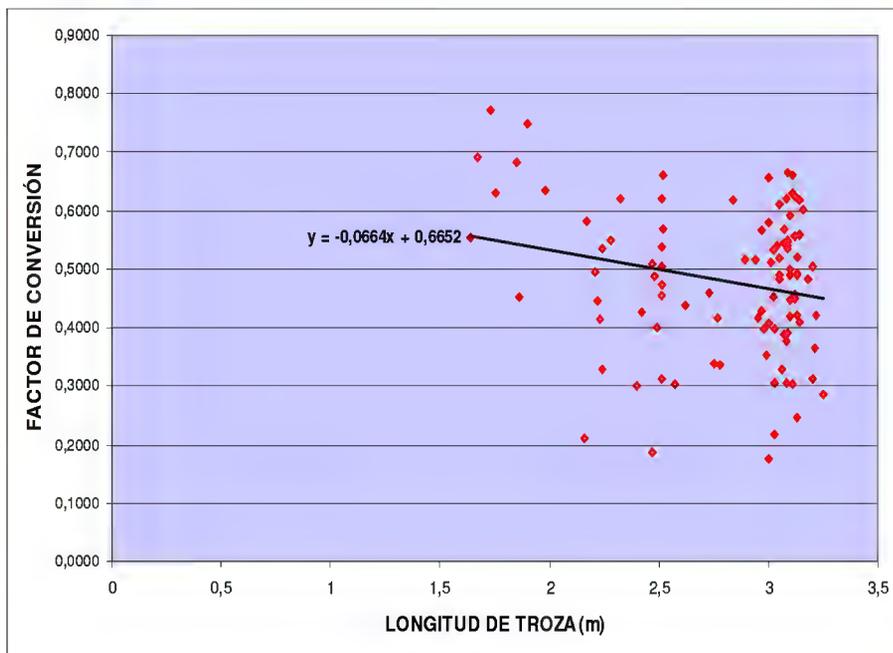


Figura 6 Diagrama de Dispersión de la Correlación Factor de Conversión vs. Longitud de Troza.

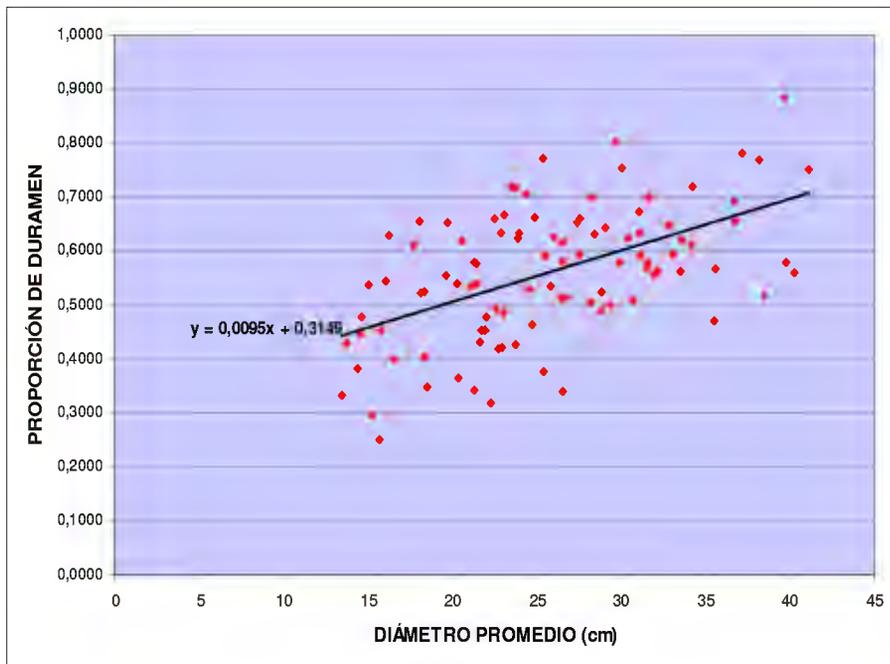


Figura 7 Diagrama de Dispersión de la Correlación Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio.

4.3.3 ANÁLISIS DE REGRESIÓN SIMPLE

A) ECUACIÓN DE REGRESIÓN

1) Relación Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio.

La ecuación de regresión determinada para este caso es la siguiente:

$$\hat{Y} = 0,2727 + 0,008X, \text{ con } R^2 = 19,5\%$$

Donde:

\hat{Y} = Valor estimado del factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada.

X = Diámetro promedio de la troza sin corteza en centímetros.

2) Relación Factor de Conversión vs. Longitud de Troza.

La ecuación de regresión determinada para este caso es la siguiente:

$$\hat{Y} = 0,6652 - 0,0664X, \text{ con } R^2 = 5,05\%$$

Donde:

\hat{Y} = Valor estimado del factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada.

X = Longitud de la troza en metros.

3) Relación Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio.

La ecuación de regresión determinada para este caso es la siguiente:

$$\hat{Y} = 0,3149 + 0,0095X, \text{ con } R^2 = 28,5\%$$

Donde:

\hat{Y} = Valor estimado de la proporción del duramen en la troza.

X = Diámetro promedio de la troza sin corteza en centímetros.

Como se indicó anteriormente, la relación existente entre el diámetro promedio y el factor de conversión, y entre el diámetro promedio y la proporción de duramen es directa esto se puede ver en sus respectivas ecuaciones, ya que en ambos casos el signo del coeficiente de regresión es positivo. Mientras que en el caso de la relación entre la longitud de troza y el factor de conversión es inversa, esto se ve en el signo del coeficiente de regresión, el cual es negativo.

B) ANÁLISIS DE RESIDUALES

Antes de realizar el análisis de variancia de la regresión se realizó el análisis de residuales, el cual según MONTGOMERY y RUNGER (2006) resulta de utilidad para verificar los supuestos que deben cumplir los errores, éstos son: distribución aproximadamente normal, variancia constante y aleatoriedad de errores o errores no correlacionados. Para esto se elaboraron gráficos descriptivos para cada una de las tres relaciones evaluadas, usando el Programa Estadístico Minitab (Anexo 4).

Las regresiones del factor de conversión – diámetro promedio y proporción de duramen – diámetro promedio, cumplieron satisfactoriamente con los supuestos mencionados, mientras que la regresión del factor de conversión – longitud de troza los cumplió de manera parcial, pero no existiendo suficiente sustento estadístico para rechazarla, se procedió a realizar el análisis de variancia para cada una de las tres regresiones mencionadas.

C) ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA REGRESIÓN

A continuación se presentan 3 cuadros que muestran los resultados de los análisis de variancia efectuados para las tres regresiones planteadas en el presente estudio.

En el Cuadro 15 se observa que el F calculado es mayor que el F tabular para un $\alpha=0,01$, lo que indica que la regresión entre el factor de conversión y el diámetro promedio es altamente significativa, concluyendo en que existe influencia de la variable diámetro promedio sobre la variabilidad del factor de conversión.

Otra forma de comprobar lo antes mencionado, y que actualmente está siendo muy utilizado en los análisis estadísticos, es la comparación entre el Pvalue y el valor del α , esto se basa en la siguiente hipótesis:

H_0 : Coeficiente de regresión (de las regresiones: factor de conversión vs. diámetro promedio; factor de conversión vs. longitud de troza; proporción de duramen vs. diámetro promedio) = 0

H_1 : Coeficiente de regresión (de las regresiones: factor de conversión vs. diámetro promedio; factor de conversión vs. longitud de troza; proporción de duramen vs. diámetro promedio) $\neq 0$

Esta prueba señala que si el Pvalue es menor que el α , entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo que se concluye en que si existiría influencia de la variable independiente (diámetro promedio, longitud de troza) sobre la variable dependiente (factor de conversión, proporción de duramen).

En el presente caso $\alpha=0,01$, y Pvalue=0, por consiguiente existe influencia del diámetro promedio sobre el factor de conversión.

Finalmente se puede decir, por medio del análisis de variancia, que la regresión lineal simple planteada, describe adecuadamente el comportamiento del factor de conversión al variarse los diámetros.

En el Cuadro 16, se observa que el F calculado es menor que el F tabular, para un $\alpha=0,01$, y que el Pvalue (0,025) es mayor que el α , por lo que se puede afirmar que la variabilidad del factor de conversión no depende de la variación de la longitud de troza, en consecuencia la regresión lineal simple planteada no describe significativamente el comportamiento del factor de conversión al variarse las longitudes de las trozas, por tanto no se tomará en cuenta la variable longitud de troza en los siguientes análisis estadísticos.

En el Cuadro 17, al igual que en los casos anteriores, el F calculado es mayor que el F tabular, para un $\alpha=0,01$, así mismo, el Pvalue (0) es menor que el α , por tanto la variabilidad de la proporción de duramen depende de la variación del diámetro promedio, es decir que la regresión lineal simple planteada describe el comportamiento de la proporción de duramen al variarse los diámetros.

Cuadro 15 Análisis de Variancia de la Regresión Lineal Simple: Factor de conversión vs. Diámetro Promedio.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L</i>	<i>S.C</i>	<i>C.M</i>	<i>F.C</i>	<i>Ft (0,01)</i>	<i>Pvalue</i>	<i>Significación</i>
Regresión	1	0,30184	0,30184	23,78	6,9008	0	**
Error	98	1,24414	0,0127				
Total	99	1,54598					

Cuadro 16 Análisis de Variancia de la Regresión Lineal Simple: Factor de Conversión vs. Longitud de Troza.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L</i>	<i>S.C</i>	<i>C.M</i>	<i>F.C</i>	<i>Ft (0,01)</i>	<i>Pvalue</i>	<i>Significación</i>
Regresión	1	0,07795	0,07795	5,2	6,9008	0,025	NS
Error	98	1,46803	0,01498				
Total	99	1,54598					

Cuadro 17 Análisis de Variancia de la Regresión Lineal Simple: Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L</i>	<i>S.C</i>	<i>C.M</i>	<i>F.C</i>	<i>Ft (0,01)</i>	<i>Pvalue</i>	<i>Significación</i>
Regresión	1	0,42605	0,42605	39,16	6,9008	0	**
Error	98	1,0663	0,01088				
Total	99	1,49234					

D) VARIANCIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR E INTERVALO DE CONFIANZA DEL COEFICIENTE DE REGRESIÓN

Debido a que las ecuaciones que se determinaron fueron halladas en base a una muestra de la población, los coeficientes de regresión encontrados en cada caso, estiman a los coeficientes de regresión poblacional, por lo que es conveniente conocer la variancia, desviación estándar e intervalo de confianza que ofrece cada coeficiente de regresión calculado.

En el Cuadro 18 se presentan los estadísticos determinados para el coeficiente de regresión obtenido de la regresión lineal factor de conversión – diámetro promedio. El coeficiente de regresión de 0,008, representa la cantidad promedio en que aumenta el factor de conversión al aumentar el diámetro promedio de la troza (sin corteza y en cm).

Los valores de la variancia y desviación estándar dependen de los valores de los datos usados en su determinación, en este caso son cifras bajas debido a que los valores de los factores de conversión son menores a la unidad. En lo que respecta al intervalo de confianza del coeficiente de regresión, también se observan valores bajos, lo que indica que la pendiente de la línea de regresión es suave y que no existen cambios bruscos en el factor de conversión al variar el diámetro de la troza. A su vez este intervalo muestra que existe un estrecho margen dentro del cual estarían los coeficientes de regresión de la población con una confianza del 95%.

Se puede ver que los valores de los estadísticos del Cuadro 19 son muy parecidos a los del Cuadro 18, por lo que se podría decir que el coeficiente de regresión de la regresión proporción de duramen – diámetro promedio, tiene un comportamiento similar al coeficiente de la regresión factor de conversión – diámetro promedio. Así mismo se tienen cifras bajas de variancia y desviación estándar, debido a que los valores de la proporción de duramen son menores a la unidad, y puesto que el intervalo de confianza presenta valores bajos, se puede afirmar que no existen cambios bruscos en la proporción de duramen al variar el diámetro de la troza.

E) VARIANCIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA LÍNEA DE REGRESIÓN

Como se aprecia en el Cuadro 20, los valores de las desviaciones estándar son relativamente altos, considerando que éstos están referidos a los valores de los factores de conversión, y a los valores de las proporciones de duramen, los cuales son menores a 1. Esto confirma que existe una gran variabilidad entre los valores de los factores de conversión y los valores de las proporciones de duramen, aún cuando éstos provengan de diámetros similares.

Esta variabilidad se debe principalmente a lo siguiente:

- En el presente estudio se utilizaron trozas provenientes de raleo de diferentes calidades, las que presentan a menudo una gran variabilidad en cuanto a su rendimiento, puesto que trozas con diámetros y/o longitudes mayores, al ser aserradas dieron factores de conversión similares y hasta menores que trozas con diámetros y/o longitudes menores. La causa de esto es que al tratarse de trozas de raleo, estas presentan por lo general defectos, los cuales afectan el rendimiento.
- Según lo mencionado por BULNES et al (2007) la plantación de la que se obtuvieron las trozas, no había tenido ningún tipo de intervención silvicultural durante 26 años, es decir no se dieron las condiciones adecuadas para que los árboles puedan lograr un desarrollo uniforme, esto explicaría la variabilidad en cuanto al desarrollo del duramen que se presentó en las trozas estudiadas.

Cuadro 18 Variancia, Desviación Estándar e Intervalos de Confianza del Coeficiente de Regresión de la Regresión Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio.

Estadísticos	Valores
Coeficiente de Regresión	0,008
Variancia (S_b^2)	0,000002709
Desviación Estándar (S_b)	0,001646
Intervalo de Confianza el 95% de Probabilidad	0,008 +/- $3,2664 \times 10^{-3}$ ó 0,00473 a 0,01273

Cuadro 19 Variancia, Desviación Estándar e Intervalos de Confianza del Coeficiente de Regresión de la Regresión Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio.

Estadísticos	Valores
Coeficiente de Regresión	0,0095
Variancia (S_b^2)	0,000002323
Desviación Estándar (S_b)	0,001524
Intervalo de Confianza el 95% de Probabilidad	0,0095 +/- $3,0243 \times 10^{-3}$ ó 0,00648 a 0,01598

Cuadro 20 Variancia y Desviación Estándar de la Línea de Regresión para las Regresiones Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio y Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio.

Línea de Regresión	Variancia	Desviación Estándar
Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio	0,0127	0,1127
Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio	0,0109	0,1043

F) VARIANCIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ESTIMADO Y LA PROPORCIÓN DE DURAMEN ESTIMADA POR LAS LÍNEAS DE REGRESIÓN (\hat{Y})

Debido a que las ecuaciones determinadas están basadas en datos muestrales, están sujetas a variación de muestreo, por lo que se optó por determinar los límites de confianza sobre las líneas de regresión de las 2 regresiones que resultaron significativas, especificando varios valores sobre la amplitud de X (diámetro promedio).

Los límites de confianza y los respectivos valores de dispersión obtenidos para las regresiones: factor de conversión – diámetro promedio y proporción de duramen – diámetro promedio se presentan en los Cuadros 21 y 22.

En el Cuadro 21 se aprecia, como al acercarse los valores del diámetro promedio al valor de su media aritmética, los valores de dispersión del factor de conversión estimado van disminuyendo, así como la amplitud de sus límites de confianza; mientras que para valores lejanos a la media aritmética del diámetro promedio, sucede lo contrario. Esto se puede ver gráficamente en la Figura 8, por medio de las líneas de los límites de confianza de \hat{Y} dentro del cual hay 95% de probabilidad de encontrar el factor de conversión promedio para un diámetro determinado de troza.

En el Cuadro 22 se observa, como al acercarse los valores del diámetro promedio al valor de su media aritmética, los valores de dispersión de la proporción de duramen estimado van disminuyendo, así como la amplitud de sus límites de confianza; mientras que para valores lejanos a la media aritmética del diámetro promedio, sucede lo contrario. Esto se puede ver gráficamente en la Figura 9, por medio de las líneas de los límites de confianza de \hat{Y} dentro del cual hay 95% de probabilidad de encontrar la proporción de duramen promedio para un diámetro determinado de troza.

Cuadro 21 Estadísticos de Dispersión y Límites de Confianza del Factor de Conversión Estimado en Base a la Línea de Regresión del Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio.

Diámetro Promedio (cm) X	Factor de Conversión Calculado Y	Variancia	Desviación Estándar	Límites de Confianza al 95% de Probabilidad	
				Límite Inferior	Límite Superior
13,45	0,3803	0,000543	0,0233	0,3344	0,4268
17,09	0,4094	0,000335	0,0183	0,3735	0,4460
20,73	0,4384	0,000196	0,0140	0,4111	0,4669
24,37	0,4677	0,000132	0,0115	0,4454	0,4911
28,01	0,4968	0,000139	0,0118	0,4740	0,5209
31,65	0,5259	0,000219	0,0148	0,4973	0,5560
35,29	0,5550	0,000369	0,0192	0,5177	0,5940
38,93	0,5841	0,000590	0,0243	0,5368	0,6333
41,1	0,6015	0,000756	0,0275	0,5478	0,6571

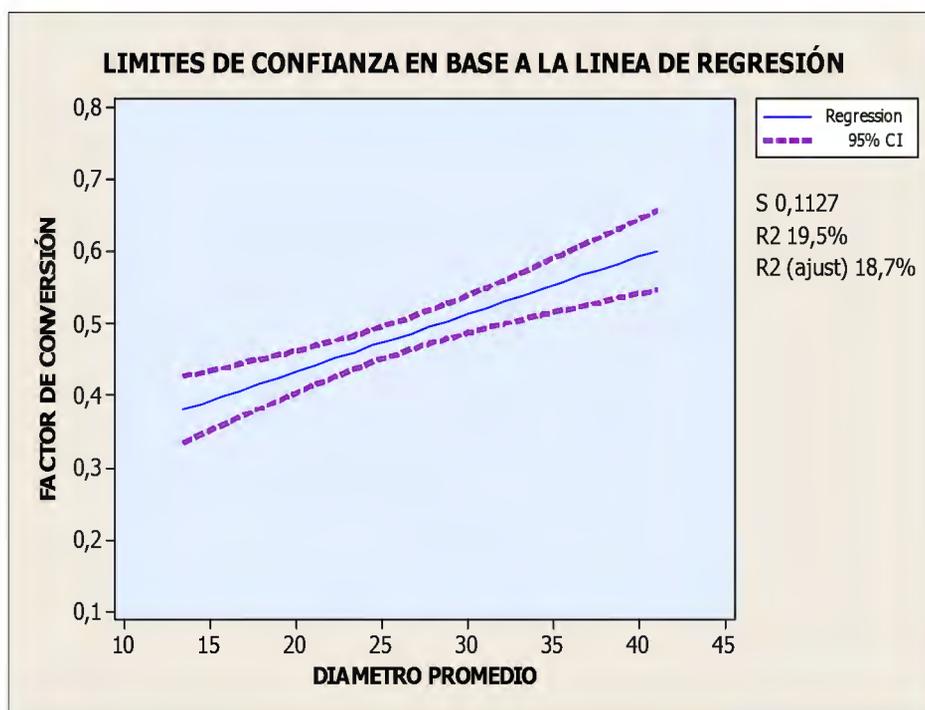


Figura 8 Gráfico de los Límites de Confianza del Factor de Conversión Estimado en Base a la Línea de Regresión de la Regresión Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio.

Cuadro 22 Estadísticos de Dispersión y Límites de Confianza del Factor de Conversión Estimado en Base a la Línea de Regresión de la Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio.

Diámetro Promedio (cm) X	Proporción de Duramen Calculado Y	Variancia	Desviación Estándar	Límites de Confianza al 95% de Probabilidad	
				Límite Inferior	Límite Superior
13,45	0,4427	0,000462	0,0215	0,3997	0,4857
17,09	0,4773	0,000286	0,0169	0,4435	0,5111
20,73	0,5118	0,000169	0,0130	0,4858	0,5378
24,37	0,5464	0,000114	0,0107	0,525	0,5678
28,01	0,5810	0,000119	0,0109	0,5592	0,6028
31,65	0,6156	0,000188	0,0137	0,5882	0,643
35,29	0,6502	0,000317	0,0178	0,6146	0,6858
38,93	0,6847	0,000506	0,0225	0,6397	0,7297
41,1	0,7054	0,000650	0,0255	0,6544	0,7564

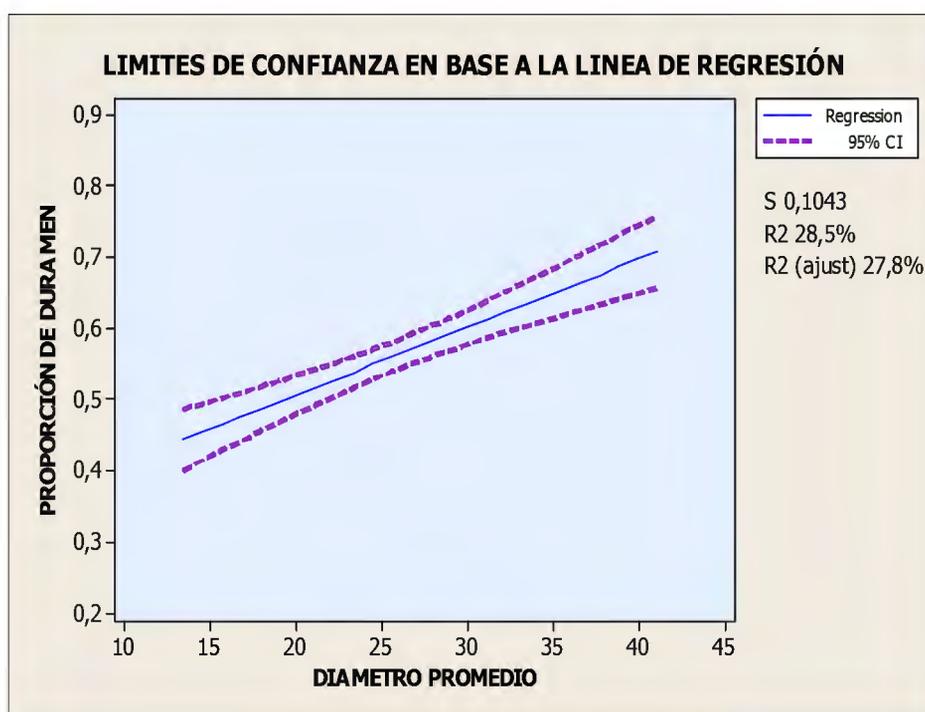


Figura 9 Gráfico de los Límites de Confianza del Factor de Conversión Estimado en Base a la Línea de Regresión de la Regresión Proporción de Duramen vs. Diámetro Promedio.

4.3.4 ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

A) ECUACIÓN DE REGRESIÓN

Utilizando el método de mínimos cuadrados se determinó la ecuación de la regresión lineal múltiple del factor de conversión en presencia de las variables diámetro promedio y longitud de troza.

$$\hat{Y} = 0,440 + 0,0078X_1 - 0,0575X_2, \text{ con } R^2 = 23,3\%$$

Donde:

\hat{Y} = Valor estimado del factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada.

X_1 = Diámetro Promedio en centímetros.

X_2 = Longitud de la troza en metros.

B) ANÁLISIS DE RESIDUALES

Al igual que en el caso de las regresiones simples, en este caso también se realizó el análisis de los residuales para saber si la regresión cumple con los supuestos de los errores (Anexo 4). Como la regresión cumplió con los supuestos mencionados anteriormente se procedió a realizar el análisis de variancia de la regresión múltiple.

C) ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA REGRESIÓN

En el Cuadro 23 se indica el análisis de variancia de la regresión lineal múltiple. Como se puede observar, en este cuadro, el F calculado es mayor que el F tabular, en consecuencia se acepta la regresión como altamente significativa.

Por otro lado, como Pvalue (0) es menor que α (0,01), se rechaza la hipótesis nula de la siguiente relación:

H_0 : Coeficiente de regresión de la variable X_1 (de la regresión factor de conversión vs. diámetro promedio, longitud de troza) = Coeficiente de regresión de la variable X_2 (de la regresión factor de conversión vs. diámetro promedio, longitud de troza) = 0

H_1 : Al menos uno de los coeficientes de regresión (de la regresión factor de conversión vs. diámetro promedio, longitud de troza) $\neq 0$

En consecuencia, la variabilidad de la variable dependiente (factor de conversión) estaría influenciada por las variables independientes diámetro promedio y longitud de troza u otra no considerada en el estudio, o por al menos una de ellas. Pero como no se sabe si ambas variables independientes contribuyen en forma significativa en la predicción de la variable dependiente, a continuación se realiza la prueba de contribución.

D) PRUEBA DE CONTRIBUCIÓN DE CADA UNA DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES EN PREDICCIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN (\hat{Y})

Con la finalidad de conocer el grado de contribución de cada una de las variables independientes (X_1 y X_2) en la predicción del factor de conversión (\hat{Y}) se realizaron las pruebas de contribución que se presentan en forma de análisis de variancia en los Cuadros 24 y 25.

En el Cuadro 24 se observa que el F calculado es mayor que el F tabular, por lo que se puede afirmar que la variable independiente diámetro promedio contribuye en forma altamente significativa en la predicción del factor de conversión dentro de la regresión lineal múltiple. Mientras que en el Cuadro 25 se muestra que el F calculado es ligeramente menor que el F tabular, por lo que estadísticamente no se podría afirmar que la variable independiente longitud de troza contribuya en forma significativa en la predicción del factor de conversión, dentro de la regresión lineal múltiple.

En consecuencia se puede afirmar que estadísticamente el rendimiento de las trozas depende de su diámetro, por tal motivo la tabla de cubicación se elaboró en base a la ecuación lineal determinada en base al diámetro promedio.

Cuadro 23 Análisis de Variancia de la Regresión Lineal Múltiple: Factor de Conversión vs. Diámetro Promedio, Longitud de Troza.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L</i>	<i>S.C</i>	<i>C.M</i>	<i>F.C</i>	<i>Ft (0,01)</i>	<i>Pvalue</i>	<i>Significación</i>
Regresión	2	0,36001	0,18000	14,72	4,83	0	**
Error	97	1,18597	0,01223				
Total	99	1,54598					

Cuadro 24 Análisis de la Prueba de Contribución del Diámetro en Presencia de la Longitud de Troza en la Predicción del Factor de Conversión.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L</i>	<i>S.C</i>	<i>C.M</i>	<i>F.C</i>	<i>Ft (0,01)</i>	<i>Significación</i>
Regresión de X_1 y X_2	2	0,36001				
Regresión de X_2 sola	1	0,07795				
Ganancia debida a X_1 después de X_2	1	0,28206	0,28206	23,0630	4,83	**
Error	97	1,18597	0,01223			
Total	99	1,54598				

Cuadro 25 Análisis de la Prueba de Contribución de la Longitud de Troza en Presencia del Diámetro en la Predicción del Factor de Conversión.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L</i>	<i>S.C</i>	<i>C.M</i>	<i>F.C</i>	<i>Ft (0,01)</i>	<i>Significación</i>
Regresión de X_1 y X_2	2	0,36001				
Regresión de X_2 sola	1	0,30184				
Ganancia debida a X_1 después de X_2	1	0,05817	0,05817	4,7563	4,83	NS
Error	97	1,18597	0,01223			
Total	99	1,54598				

4.4 TABLA DE RENDIMIENTO DE TROZAS DE RALEO A MADERA ASERRADA EN BASE AL FACTOR DE CONVERSIÓN

En el Cuadro 26 se muestra la tabla de rendimiento elaborada, la cual presenta dos entradas:

- Diámetro promedio de troza sin corteza, en pulgadas y centímetros.
- Longitud de troza, en pies y metros.

Esta tabla estima el volumen en pies tablares o pies cuadrados de madera aserrada a obtenerse de trozas de teca de dimensiones conocidas, provenientes del raleo de una plantación de 26 años, y sin considerar los defectos presentes y el estado sanitario de las mismas. Se consideró el volumen en pies tablares por ser la unidad de medida más utilizada en la industria de aserrío. Los valores de entrada de los diámetros y las longitudes, son los que se presentan con mayor frecuencia dentro de trozas de raleo.

Cuadro 26 Tabla de Rendimiento de Madera Aserrada para Trozas de Raleo de Teca (*Tectona grandis*).

Diámetro Promedio sin Corteza		Longitud de Trozas en Metros y Pies							
Centímetros	Pulgadas	1,54m - 5'	1,82m - 6'	2,13m - 7'	2,44m - 8'	2,74m - 9'	3,05m - 10'	3,35m - 11'	3,66m - 12'
12,70	5	3,1	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,4
15,24	6	4,7	5,6	6,5	7,4	8,4	9,3	10,2	11,2
17,78	7	6,7	8,0	9,3	10,7	12,0	13,3	14,6	16,0
20,32	8	9,2	10,9	12,7	14,6	16,4	18,3	20,0	21,9
22,86	9	12,2	14,4	16,9	19,3	21,7	24,2	26,6	29,0
25,40	10	15,7	18,6	21,8	24,9	28,0	31,2	34,3	37,4
27,94	11	19,9	23,5	27,5	31,5	35,3	39,3	43,2	47,2
30,48	12	24,6	29,1	34,0	39,0	43,8	48,7	53,5	58,5
33,02	13	30,0	35,5	41,5	47,6	53,4	59,5	65,3	71,3
35,56	14	36,1	42,7	50,0	57,2	64,3	71,6	78,6	85,9
38,10	15	43,0	50,8	59,5	68,1	76,5	85,1	93,5	102,2
40,64	16	50,6	59,8	70,0	80,2	90,1	100,3	110,1	120,3
43,18	17	59,1	69,9	81,7	93,6	105,2	117,1	128,6	140,5
45,72	18	68,4	80,9	94,7	108,4	121,8	135,6	148,9	162,7

4.5 COMPARACIÓN DEL VOLUMEN REAL DE MADERA ASERRADA CON EL VOLUMEN ESTIMADO POR LA TABLA ELABORADA PARA TROZAS DE RALEO DE TECA

En la zona donde se realizó el presente estudio está muy difundido el uso de la tabla Oxapampina para la cubicación, y en general dentro de nuestro país se usa la tabla Doyle, por lo que para efectos de la investigación en el Cuadro 27 se presenta una comparación entre los volúmenes aserrados estimados por cada una de estas tablas, además de la elaborada en el presente estudio, con respecto al volumen aserrado real obtenido al aserrar una submuestra de 30 trozas de teca extraídas de la muestra de 100 trozas empleadas en este estudio. Cabe mencionar que como señala DEL POZO (1996) aunque en el país todas las tablas utilizadas para cubicar madera se usan efectuando descuentos por defectos aparentes en el diámetros de la troza, esto no se aplica para trozas de raleo.

En el Cuadro 27 se puede ver que al estimar los volúmenes totales de madera aserrada a obtenerse empleando la tabla Doyle se subestima el rendimiento de las trozas en 236pt lo que representa el 26,6% del volumen real; por otro lado la tabla Oxapampina sobreestima el rendimiento de las trozas en 141,4pt, lo que representa el 15,9% del volumen real. Mientras que la tabla elaborada subestima el valor real obtenido en sólo 9,6pt lo que representa 1,1% del volumen real, constituyéndose como la mejor opción de uso.

Mediante la Prueba de Medias en Muestras Pareadas se comparó el rendimiento arrojado por cada una de las tres tablas mencionadas con el rendimiento real obtenido, para conocer que tan significativa es la diferencia entre la predicción del volumen de cada una de las tablas respecto al volumen real. Para esto se partió de la siguiente hipótesis:

H_0 : Media del volumen real = Media del volumen determinado por tablas de rendimiento (tabla elaborada, tabla Doyle y tabla Oxapampina).

H_1 : Media del volumen real \neq Media del volumen determinado por tablas de rendimiento (tabla elaborada, tabla Doyle y tabla Oxapampina).

Como se puede ver en la Figura 10, la región de aceptación, para una muestra con un $\alpha = 0,05$ y 29g.l, está comprendida entre -2,045 y 2,045.

Como se observa en el Cuadro 28, el T calculado para las medias del volumen real y del volumen estimado por la tabla elaborada es 0,238, este valor se encuentra dentro de la región de aceptación mostrada en la Figura 10, por consiguiente se acepta la hipótesis nula, que señala que ambas muestras tienen medias iguales. En consecuencia se puede afirmar que la tabla elaborada arroja volúmenes significativamente reales.

Por otro lado, los valores de T calculado para las otras dos relaciones, caen fuera de la zona de aceptación, en consecuencia las medias de los volúmenes de las tablas Doyle y Oxapampina, difieren significativamente de la media del volumen real; es decir que la diferencia de los volúmenes estimados por las tablas Doyle y Oxapampina difieren de forma significativa del rendimiento real.

Cuadro 27 Comparación entre el Volumen Real de Madera Aserrada y los Volúmenes Estimados por las Tablas: Doyle, Oxapampina y la Elaborada en el Presente Estudio.

<i>Volumen Real (pt)</i>	<i>Tabla Elaborada (pt)</i>	<i>Tabla Doyle (pt)</i>	<i>Tabla Oxapampina (pt)</i>
887,1	877,5	651,1	1028,5
Diferencia en pt	-9,6	-236,0	141,4
Diferencia en %	-1,1%	-26,6%	15,9%



Figura 10 Regiones de Rechazo y Aceptación para la Prueba de Medias en Muestras Pareadas.

Cuadro 28 Prueba de Medias en Muestras Pareadas para las Relaciones: Volumen Real vs. Volumen de Tabla Elaborada, Volumen Real vs. Volumen de Tabla Doyle y Volumen Real vs. Volumen de Tabla Oxapampina.

<i>Comparaciones</i>	<i>Prueba T (para $\alpha=0,05$ y 29 g.l)</i>		<i>Significación</i>
	<i>T calculado</i>	<i>T tabular</i>	
Volumen Real vs. Volumen de Tabla Elaborada.	0,238	+/-2,045	*
Volumen Real vs. Volumen de Tabla Doyle.	6,092	+/-2,045	NS
Volumen Real vs. Volumen de Tabla Oxapampina.	-2,437	+/-2,045	NS

5. CONCLUSIONES

1. Las trozas provenientes de raleo de *Tectona grandis* presentan en promedio un factor de conversión en aserrío de 48%, sin considerar los defectos y el estado sanitario de las mismas.
2. El factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada varía en función al diámetro de la troza, mientras que la longitud no tiene influencia significativa sobre este factor.
3. Las trozas provenientes de raleo de *Tectona grandis* presentan en promedio una proporción de duramen de 56% en relación al diámetro de la troza.
4. Los defectos más frecuentes observados en las trozas empleadas son irregularidad en la sección de la troza y curvatura, los cuales afectan negativamente el rendimiento en aserrío.
5. El 44,7% de la madera aserrada obtenida corresponde a madera comercial, el 29,5% a madera larga angosta, el 6,4% a madera corta y el 19,4% a madera de paquetería.
6. La tabla de rendimiento elaborada en el estudio, estima de forma precisa el rendimiento de madera rolliza a madera aserrada, con respecto al volumen real.

6. RECOMENDACIONES

1. Usar la tabla de rendimiento de madera aserrada elaborada, para trozas de raleo de la especie *Tectona grandis* en la zona donde se realizó el estudio y en otras zonas con condiciones parecidas a la misma, así como con características similares de trozas y de la industria de aserrío.
2. Realizar estudios adicionales sobre el factor de conversión de madera rolliza a madera aserrada para trozas de *Tectona grandis* en edad de cosecha, para ver cual es el comportamiento del factor de conversión y como difiere al de las trozas de raleo. Así mismo se deben realizar este tipo de estudios en plantaciones de otras especies tal como las de *Eucaliptus spp.* y *Pinus spp.* que son las que más abundan en selva central.
3. Es necesario realizar estudios acerca del desarrollo del duramen de la *Tectona grandis* a medida que esta especie va aumentando de diámetro, lo que permitiría conocer el momento oportuno para su corta, y así tal vez se podrían reducir los tiempos de espera para su cosecha.
4. Los tratamientos silviculturales (podas y raleos) deben ser aplicados de manera adecuada y oportuna, para mejorar la calidad tanto de las trozas de los raleos comerciales como la de los árboles que quedan para la cosecha final.
5. Se debe buscar aumentar el rendimiento de las trozas en el aserrío mediante mejoras técnicas de los aserraderos, es decir mejorando la tecnología empleada, realizando mantenimientos oportunos y adecuados de las máquinas, y capacitando permanentemente al personal de los aserraderos; de esta forma se sacará el máximo provecho a las trozas.
6. Difundir los resultados de la presente investigación entre las principales entidades públicas y privadas e instituciones dedicadas a la investigación y la enseñanza que tienen que ver con la actividad forestal, específicamente con la industria forestal.
7. La madera de teca cuenta actualmente con un amplio mercado, por lo que se debería pensar en extender las plantaciones de *Tectona grandis*, en zonas con condiciones

climáticas, edáficas y fisiográficas como las del ámbito de estudio, ya que esta especie, con un manejo adecuado puede alcanzar un buen desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

AKAWASI, A. 2004. En Busca de la Calidad. Kumasi, GH, (en línea). 2p. Consultado 13 de agosto de 2007. Disponible en:

[www.itto.or.jp/live/Live_Server/668/tfu.2004.01\(06-07\).s.pdf](http://www.itto.or.jp/live/Live_Server/668/tfu.2004.01(06-07).s.pdf).

ANTÓN, D. y REYNEL, C. 2004. Relictos de Bosques de Excepcional Diversidad en los Andes Centrales del Perú. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales. 325p.

BHAT, K y MA, H. 2004. Productores de Teca Unidos. Peechi, IN, (en línea). 3p. Consultado 13 de agosto de 2007. Disponible en:

[www.itto.or.jp/live/Live_Server/667/tfu.2004.01\(03-05\).s.pdf](http://www.itto.or.jp/live/Live_Server/667/tfu.2004.01(03-05).s.pdf).

BRUCE, D. y SCHUMACHER, F. 1965. Medición Forestal. México D.F, MX, Herrero S.A. 474 p.

BULNES, F. et al. 2007. Informe Técnico de la Evaluación Forestal de la Plantación de Teca (*Tectona grandis*) en el Fundo La Génova. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales. 18 p.

CÁCERES, P. 2004. Caracterización Dendrológica de las Especies de los Géneros Ficus y Cecropia (Moraceae) en el Valle de Chanchamayo (Junín-Perú). Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 337p.

CALZADA, J. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. 5 a. Lima, PE. Milagros S.A. 643p.

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).1986. Silvicultura de las Especies Promisorias para Producción de Leño en América Central – Resultado de cinco años de investigación. Turialba, CR, Departamento de Recursos Renovables. 228 p. (Informe Técnico N°86).
- CHAVARRÍA, M. y QUIRÓS, L. 1985. Tectona grandis (Revisión de Literatura). San José, CR, Proyecto Apoyo a la Ejecución de los Programas Forestales Prioritarios USAID/PNUD/FAO/MAG-DGF. 11p. (Documento de Trabajo N° 21).
- CHAVESTA, M. y CONDORI, C. 2005. Maderas Peruanas y Exóticas, Características Tecnológicas y Usos de 10 Especies Forestales. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Industrias Forestales. 62 p.
- CHUQUICAJA, C. 1987. Factor de Conversión en Aserrío para las Especies de Tornillo y Moena de la Zona de Chanchamayo. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 121p.
- CREDO, C. 1980. Seminarios sobre Extracción Forestal: Descripción del Uso de la Nueva Tabla de Cubicación de Madera Rolliza. Lima, PE, Proyecto PNUD/FAO/PER/78/003. 158p. (Documento de Trabajo N° 2).
- DANCÉ, J. 1982. Evaluación e Inventario Forestal de los Recursos de Chanchamayo y Satipo. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria la Molina, Departamento de Manejo Forestal. 93p.

- DANCÉ, J. 1984. Evaluación e Inventario Forestal del Fundo La Génova. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Manejo Forestal. 96p.
- DEL POZO, F. 1996. Factor de Conversión en Aserrío para Productos de Raleo en Plantaciones de Pino Patula en Cajamarca. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 99p.
- DGF (Dirección General Forestal). 1997. Nueva Tabla Oficial de Cubicación de Madera Rolliza de Aplicación en la Región Selva. Lima, PE, Ministerio de Agricultura, INRENA. 65p.
- FONSECA, W. 2004. Manual para Productores de Teca (*Tectona grandis* L.f) en Costa Rica. Heredia, CR, (en línea). 121p. Consultado 24 de julio de 2007. Disponible en: www.fonafifo.com/textfiles/proyectos/ManualProductoresTeca.pdf.
- GAVIRIA, E. 1981. Estudio Económico Comparativo de la Industria del Aserrío en Chanchamayo, años 1977 y 1979. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 85p.
- GOMEZ, A. 1995. Raleo en Plantaciones Forestales. Lima, PE, PRONAMACHCS, FEMAP. 20p.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1989. Atlas del Perú. Lima, PE. 400p.
- IZQUIERDO, J. 1960. Estudio Comparativo de Volúmenes de Cedro (*Cedrela sp.*) entre Tabla Doyle y Volumen Real de Madera Aserrada. Tesis (Ing. Agrónomo). Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 51p.

- MALLEUX, J. y MONTENEGRO, E. 1971. Manual de Dasometría. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 216p.
- MONTGOMERY, D. y RUNGER, G. 2006. Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. 2 a. México D.F. MX. Limusa Wiley. 817p.
- MORA, F. y HERNÁNDEZ, W. 2007. Estimación del Volumen Comercial por Producto para Rodales de Teca en el Pacífico de Costa Rica. Heredia, CR, (en línea). 12p. Consultado 6 de agosto de 2007. Disponible en:
www.anam.gob.pa/Forestal/Guia%20tecnica.htm.
- MOYA, R. 2005. Consideraciones Industriales y de Comercialización en la Selección de Especies para Reforestación. San José, CR, (en línea). 12p. Consultado 6 de agosto de 2007. Disponible en: www.una.ac.cr/inis/docs/refor/moya.pdf.
- OTAROLA, E. 1996. Productividad y Cuantificación Económica de los Productos Provenientes de Raleos en Plantaciones Forestales de *Eucalytus*, *Pinus*, *Cupressus* en Turrialba Costa Rica. Tesis (Magister Scientiae). Turrialba, CR, CATIE, EDECO. 98p.
- QUIRÓS, R. et al. 2005. Rendimiento en Aserrío y Procesamiento Primario de Madera Proveniente de Plantaciones Forestales. San José, CR, (en línea). 10p. Consultado 6 de agosto de 2007. Disponible en:
www.redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/436/43629201.pdf.

- REYNEL, C y LEÓN G. 1989. Especies Forestales Comunes en los Bosques Secundarios Chanchamayo (Perú). Lima, PE, Proyecto Utilización de Bosques Secundarios en el Trópico Húmedo Peruano UNALM/UT/CIID. 173p.
- ROMERO, R. 1983. La Selva Central: Situación Actual y Perspectivas para su Desarrollo Forestal. Lima, PE, Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002. 144p. (Documento de Trabajo N° 11).
- SAGE, L y QUIROS, R. 2001. Proyección de Volumen de Madera para Aserrío Proveniente de las Plantaciones de Melina y Teca y de Otras Fuentes. San José, CR, (en línea). 24p. Consultado 6 de agosto 2007. Disponible en:
www.ots.ac.cr/rdmcnfs/datasets/biblioteca/pdfs/nbina-1466.pdf.
- SCHEAFFER, R y MCCLAVE, J. 1993. Probabilidad y Estadística para la Ingeniería. México D.F, MX. Iberoamericana. 683p.
- SCHREWE, H. 1981. La Industria del Aserrío en el Perú. Lima, PE, Proyecto PNUD/FAO/PER/78/003. 60p. (Documento de Trabajo N° 8).
- SILVA, M. 2005. Estudio y Caracterización Dendrológica de las Familias Botánicas del Orden Malvales en el Fundo Génova (Chanchamayo). Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 237p.
- SPIEGEL, M. 1991. Estadística. 2 a. Madrid, ES. Mc Graw Hill. 556p.
- TARANCO, M. 1973. Situación y Perspectivas Económicas de la Industria del Aserrío en Oxapampa, año 1971. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 124p.

TUSET, R. y DURAN, F. 1979. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Montevideo, UR. Hemisferio Sur. 688 p.

UGALDE, L y GÓMEZ, M. 2006. Perspectivas Económicas y Ambientales de las Plantaciones de Teca bajo Manejo Sostenible en Panamá. Turialba, CR, (en línea). 76p. Consultado 6 de agosto de 2007. Disponible en:
www.anam.gob.pa/pdf/DIAGNOSTICO%20TECA%202006.pdf

VARGAS, J y REYES, F. 1974. Estudio a Nivel de Reconocimiento de la Situación Actual de los Bosques Naturales, en Relación con la Problemática de Conservación de los Suelos y de Reforestación en la Zona San Ramón – Oxapampa – Satipo. Lima, PE, Dirección General Forestal y de Caza. 17p.

VIGNOTE, S. y JIMÉNEZ, F. 1996. Tecnología de la Madera. Madrid, ES, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 602p.

WEAVER, P. 2000. Teca (*Tectona grandis* L.f). New Orleans, US, (en línea). 17p. Consultado 6 de agosto de 2007. Disponible en:
www.fs.fed.us/global/iitf/Tectonagrandis.pdf.

ANEXO 1

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LAS TROZAS

Código de troza	Diam. prom. sin corteza (cm)	Longitud (m)	F.C	P.D	Defectos
1	36,7	3,00	0,41	0,65	Curvatura media e irregular 1
2	22,6	3,00	0,58	0,49	Nudos, agrietado e irregular 1
3	29,1	3,03	0,31	0,64	Agrietado, irregular 1 y curvatura media
4	21,9	2,47	0,19	0,45	Rajadura (0,3cm), irregular 1 y curvatura fuerte
5	21,7	2,78	0,34	0,43	Curvatura fuerte e irregular 1
6	28,9	2,51	0,47	0,53	Hueco (2,6cmx23cm), agrietado e irregular 2
7	22,7	3,00	0,17	0,42	Rajadura (0,3cm), irregular 2 y curvatura media
8	26,6	3,02	0,45	0,34	Agrietado, nudos e irregular 1
9	16,2	2,95	0,42	0,63	Curvatura media y nudos
10	31,5	2,51	0,45	0,57	Agrietado, nudos e irregular 1
11	30,7	2,51	0,31	0,51	Rajadura (1,2cmx16cm), curvatura leve, médula excéntrica e irregular 3
12	14,6	2,48	0,49	0,48	Curvatura leve y nudos
13	23,7	3,10	0,42	0,43	Rajadura (0,2cm) e irregular 2
14	20,3	2,84	0,62	0,36	Rajadura (0,1cm), nudos e irregular 1
15	35,5	2,52	0,57	0,47	Curvatura leve y nudos
16	13,8	2,42	0,43	0,43	Curvatura leve
17	14,6	2,21	0,50	0,45	Rajadura (0,1cm) e irregular 2

Código de troza	Diam. prom. sin corteza (cm)	Longitud (m)	F.C	P.D	Defectos
18	14,4	3,20	0,51	0,38	Curvatura media y agrietado
19	18,0	3,20	0,31	0,66	Rajadura (0,7cm), curvatura media e irregular 1
20	15,9	2,40	0,30	0,45	Curvatura fuerte
21	21,5	3,13	0,49	0,54	Rajadura (0,1cm), médula excéntrica e irregular 1
22	29,9	3,12	0,56	0,58	Rajadura (0,8cm x 8cm) e irregular 2
23	15,1	3,14	0,41	0,54	Rajadura (0,1cm), irregular 1 y curvatura media
24	16,5	2,62	0,44	0,40	Rajadura (0,1cm), médula excéntrica e irregular 2
25	28,9	3,16	0,60	0,49	Hueco (1,8cmx3cm), agrietado e irregular 2
26	31,6	1,67	0,69	0,70	Irregular 1
27	22,0	3,12	0,46	0,48	Agrietado y curvatura leve
28	24,5	3,12	0,62	0,53	Irregular 1
29	29,3	3,10	0,50	0,50	Irregular 1
30	31,0	2,51	0,62	0,63	Rajadura (0,2cm), e irregular 2
31	21,3	3,13	0,49	0,58	Curvatura leve, nudos e irregular 1
32	13,5	2,49	0,40	0,33	Irregular 1 y curvatura leve
33	18,5	2,23	0,41	0,35	Curvatura leve
34	27,4	1,64	0,55	0,65	Irregular 2
35	15,2	2,51	0,54	0,29	
36	31,9	3,07	0,54	0,56	Hueco (2,3cmx13cm), agrietado, nudos e irregular 1
37	22,3	3,21	0,37	0,32	Curvatura media, médula excéntrica, nudos e irregular 1

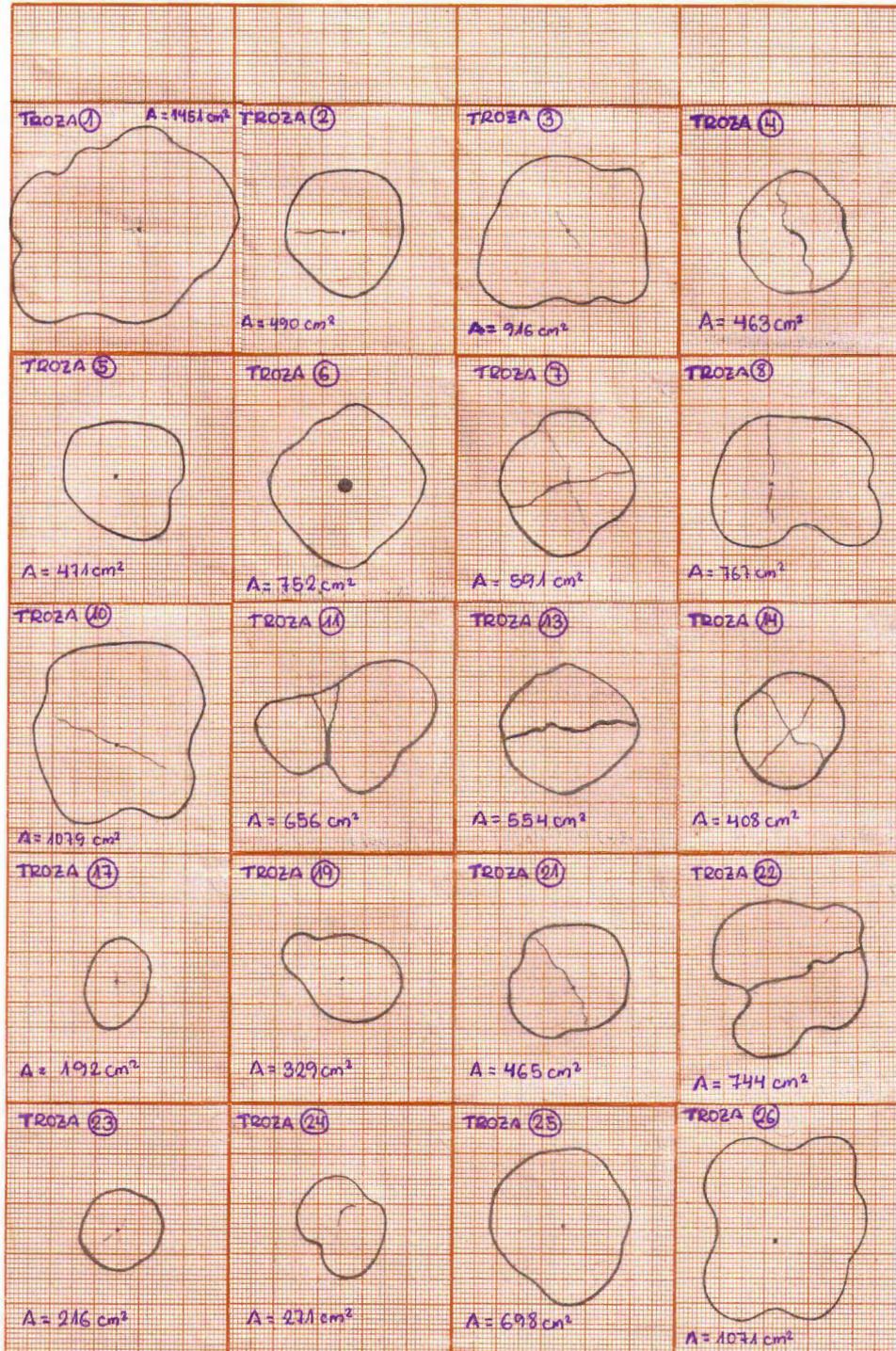
Código de troza	Diam. prom. sin corteza (cm)	Longitud (m)	F.C	P.D	Defectos
38	15,7	2,16	0,21	0,25	Curvatura fuerte y nudos
39	21,3	2,24	0,33	0,34	Curvatura media e irregular 1
40	21,7	1,86	0,45	0,45	Rajadura (0,1cm), médula excéntrica e irregular 2
41	28,4	3,09	0,39	0,63	Agrietado y curvatura fuerte
42	32,8	2,22	0,44	0,65	Agrietado, nudos e irregular 1
43	20,5	2,17	0,58	0,62	
44	17,7	3,11	0,30	0,61	Rajadura (0,7cmx9cm), irregular 2 y curvatura media
45	36,7	1,98	0,63	0,69	Hueco (7cmx6cm) y (3cmx4cm), e irregular 2
46	34,2	2,28	0,55	0,61	Rajadura (0,3cm), médula excéntrica, nudos e irregular 2
47	25,4	3,05	0,52	0,38	Rajadura (0,1cm) y (0,2cm), médula excéntrica e irregular 1
48	23,7	2,51	0,50	0,72	Rajadura (0,1cm), hueco (1cmx2cm), médula excéntrica e irregular 2
49	33,6	3,14	0,56	0,62	Rajadura (0,2cm), médula excéntrica e irregular 1
50	26,5	3,22	0,42	0,51	Rajadura (0,1cm), hueco (0,5cm), curvatura leve, nudos e irregular 1
51	34,3	1,75	0,63	0,72	Hueco (3cmx2cm), e irregular 2
52	21,5	3,08	0,38	0,58	Rajadura (0,1cm), curvatura leve, médula excéntrica e irregular 3
53	31,0	3,18	0,48	0,67	Rajadura (0,2cm) y (0,3cmx8cm), curvatura leve e irregular 1
54	26,0	2,75	0,34	0,63	Rajadura (0,1cm), médula excéntrica e irregular 1
55	39,7	2,47	0,51	0,88	Hueco (8cmx4cm) y (2,5cmx9cm), agrietado, médula excéntrica e irregular 4
56	24,7	3,10	0,45	0,46	Rajadura (0,2cm) y (0,1cm), nudos e irregular 2
57	25,8	3,10	0,59	0,53	Rajadura (0,8cmx7cm), curvatura leve, médula excéntrica e irregular 1
58	26,6	2,99	0,35	0,62	Hueco (2cmx2cm), agrietado, médula excéntrica e irregular 2
59	18,1	3,09	0,53	0,52	Médula excéntrica y agrietado
60	33,5	3,07	0,57	0,56	Hueco (3cmx16cm), agrietado, médula excéntrica e irregular 1

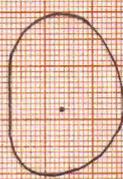
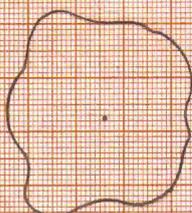
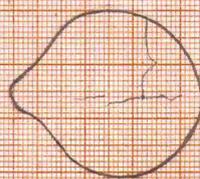
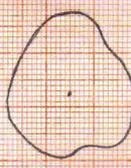
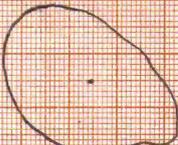
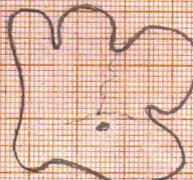
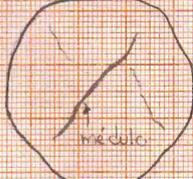
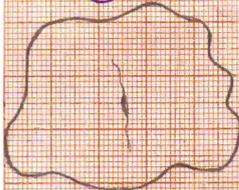
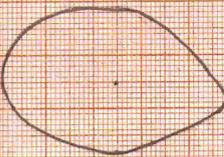
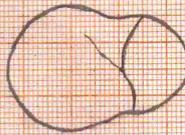
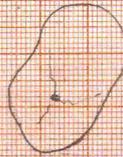
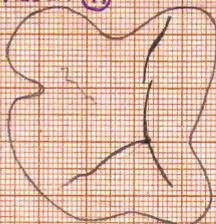
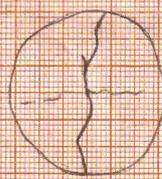
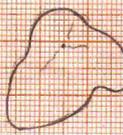
<i>Código de troza</i>	<i>Diam. prom. sin corteza (cm)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>F.C</i>	<i>P.D</i>	<i>Defectos</i>
61	35,6	1,73	0,77	0,57	Hueco (1cmx1cm) y (0,5cmx1cm), bifurcado e irregular 1
62	18,3	2,77	0,42	0,40	Curvatura leve y agrietado
63	28,3	3,08	0,31	0,70	Hueco (3cmx9,5cm), agrietado e irregular 3
64	24,4	3,00	0,66	0,70	Rajadura (0,2cm) y (0,1cm) irregular 1
65	19,7	2,73	0,46	0,65	Agrietado e irregular 1
66	20,3	3,05	0,48	0,54	Curvatura leve, agrietado e irregular 1
67	38,2	2,32	0,62	0,77	Hueco (5cmx8cm), bifurcado e irregular 2
68	40,3	3,04	0,54	0,56	Hueco (12cmx17cm), agrietado e irregular 1
69	33,1	2,97	0,57	0,59	Rajadura (1,2cmx12cm) y (0,1cm), médula excéntrica e irregular 2
70	31,1	2,97	0,43	0,59	Rajadura (1,5cmx21cm) y (0,3cm) e irregular 2
71	23,0	2,98	0,40	0,49	Rajadura (0,2cm), curvatura media, nudos e irregular 1
72	23,9	3,25	0,29	0,63	Rajadura (0,1cm), curvatura fuerte, médula excéntrica e irregular 3
73	21,1	2,24	0,54	0,53	Agrietado
74	30,0	2,57	0,30	0,75	Rajadura (0,2cm) e irregular 2
75	30,4	3,11	0,66	0,62	Hueco (2,5cmx3cm), e irregular 2
76	23,1	3,07	0,39	0,67	Curvatura media e irregular 2
77	25,4	3,13	0,42	0,77	Rajadura (0,3cm), curvatura leve, médula excéntrica e irregular 1
78	18,3	3,06	0,33	0,53	Curvatura fuerte
79	27,6	1,90	0,75	0,66	Rajadura (0,1cm) e irregular 2
80	19,6	3,03	0,22	0,55	Curvatura fuerte

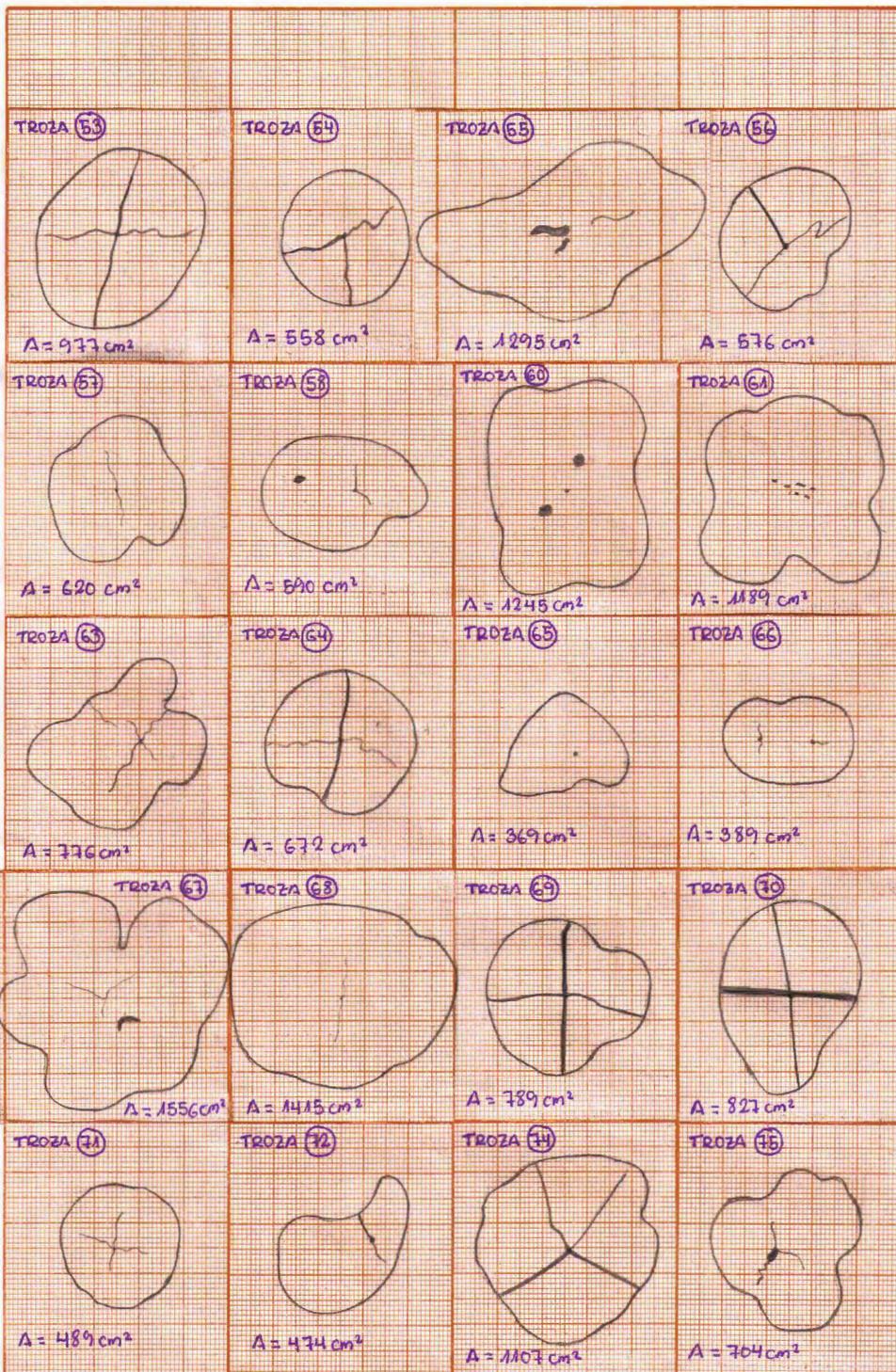
<i>Código de troza</i>	<i>Diam. prom. sin corteza (cm)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>F.C</i>	<i>P.D</i>	<i>Defectos</i>
81	23,5	3,13	0,25	0,72	Rajadura (0,2cm), médula excéntrica e irregular 2
82	16,1	3,10	0,49	0,54	Curvatura media
83	31,6	3,08	0,62	0,58	Agrietado
84	22,5	3,05	0,49	0,66	Curvatura media
85	32,1	3,09	0,55	0,56	Rajadura (0,5cm), hueco (2, cmx4cm), curvatura leve, médula excéntrica e irregular 1
86	24,9	3,12	0,45	0,66	Rajadura (0,1cm), curvatura leve, médula excéntrica e irregular 3
87	22,9	3,03	0,40	0,42	Rajadura (0,2cm), curvatura media, nudos e irregular 2
88	27,6	3,09	0,55	0,59	Médula excéntrica y agrietado
89	41,1	3,09	0,54	0,75	Rajadura (0,2cm), médula excéntrica e irregular 1
90	22,8	3,13	0,52	0,63	Curvatura leve
91	28,2	3,11	0,63	0,50	Nudos e irregular 1
92	39,8	3,02	0,53	0,58	Rajadura (0,1cm), hueco (2,5cmx4cm), médula excéntrica e irregular 2
93	31,6	3,09	0,67	0,70	Rajadura (0,2cm), médula excéntrica e irregular 1
94	26,8	2,89	0,52	0,52	Curvatura leve y nudos
95	25,5	3,05	0,61	0,59	Rajadura (0,1cm), médula excéntrica e irregular 2
96	26,5	2,94	0,52	0,58	Agrietado
97	23,9	3,01	0,51	0,62	Rajadura (0,2cm), curvatura leve, médula excéntrica e irregular 1
98	29,7	1,85	0,68	0,80	
99	38,4	2,52	0,66	0,52	Agrietado, médula excéntrica e irregular 1
100	37,2	3,14	0,62	0,78	Agrietado, médula excéntrica e irregular 3

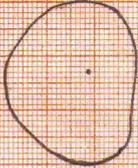
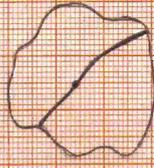
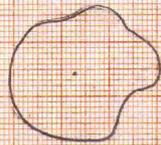
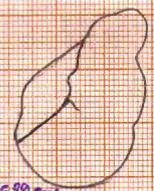
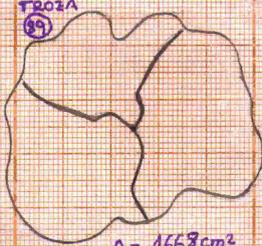
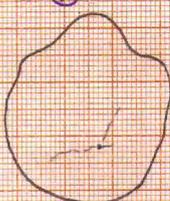
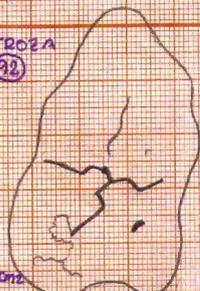
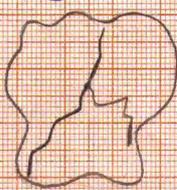
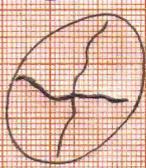
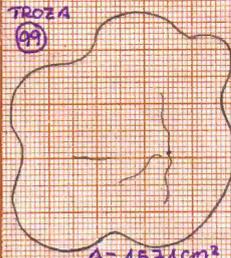
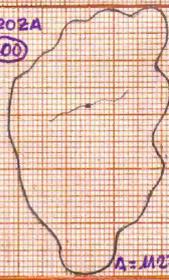
ANEXO 2

SECCIONES TRANSVERSALES A ESCALA DE LAS TROZAS MÁS IRREGULARES



<p>TROZA 28</p>  <p>$A = 564 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 29</p>  <p>$A = 1118 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 30</p>  <p>$A = 858 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 31</p>  <p>$A = 486 \text{ cm}^2$</p>
<p>TROZA 32</p>  <p>$A = 207 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 34</p>  <p>$A = 687 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 35</p>  <p>$A = 957 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 37</p>  <p>$A = 473 \text{ cm}^2$</p>
<p>TROZA 39</p>  <p>$A = 437 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 40</p>  <p>$A = 385 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 42</p>  <p>$A = 1046 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 44</p>  <p>$A = 271 \text{ cm}^2$</p>
<p>TROZA 45</p>  <p>$A = 1242 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 46</p>  <p>$A = 882 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 47</p>  <p>$A = 648 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 48</p>  <p>$A = 442 \text{ cm}^2$</p>
<p>TROZA 49</p>  <p>$A = 1373 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 50</p>  <p>$A = 747 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 51</p>  <p>$A = 929 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 52</p>  <p>$A = 339 \text{ cm}^2$</p>



<p>TROZA 76</p>  <p>$A = 625 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 77</p>  <p>$A = 647 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 78</p>  <p>$A = 638 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 81</p>  <p>$A = 525 \text{ cm}^2$</p>
<p>TROZA 85</p>  <p>$A = 938 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 86</p>  <p>$A = 589 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 87</p>  <p>$A = 477 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 89</p>  <p>$A = 1668 \text{ cm}^2$</p>
<p>TROZA 91</p>  <p>$A = 852 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 92</p>  <p>$A = 1478 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 93</p>  <p>$A = 864 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 95</p>  <p>$A = 590 \text{ cm}^2$</p>
<p>TROZA 97</p>  <p>$A = 562 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 99</p>  <p>$A = 1571 \text{ cm}^2$</p>	<p>TROZA 100</p>  <p>$A = 1127 \text{ cm}^2$</p>	

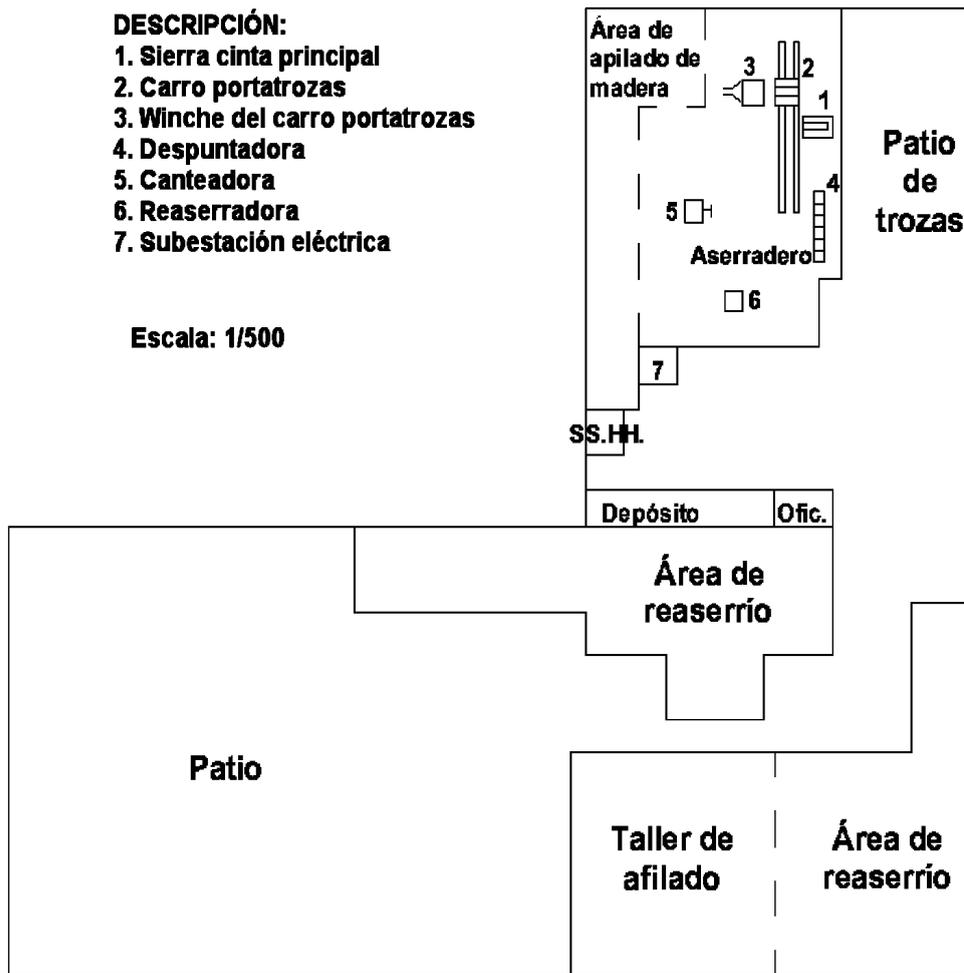
ANEXO 3

CROQUIS DEL ASERRADERO

DESCRIPCIÓN:

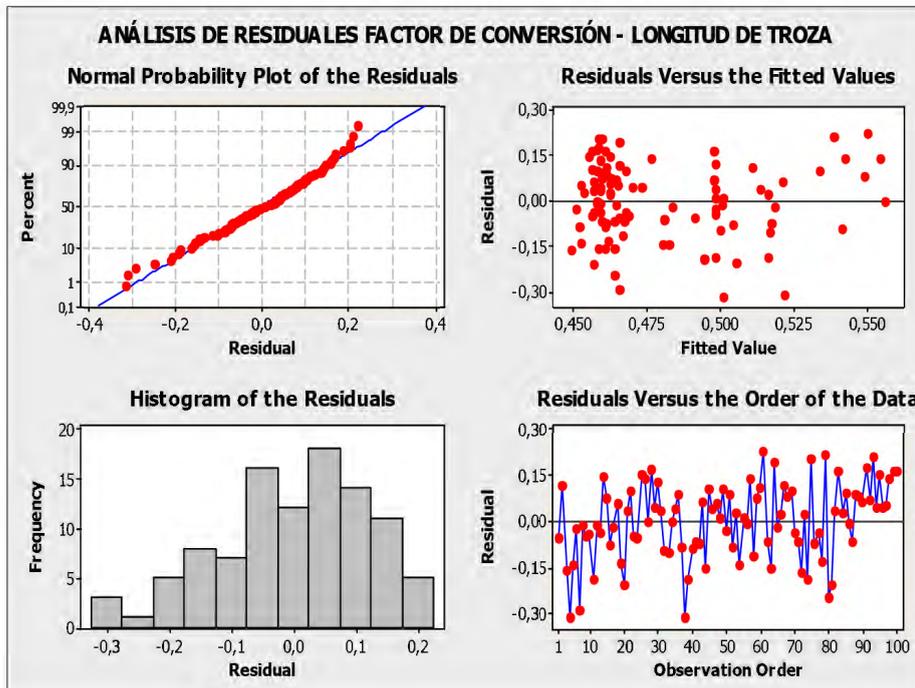
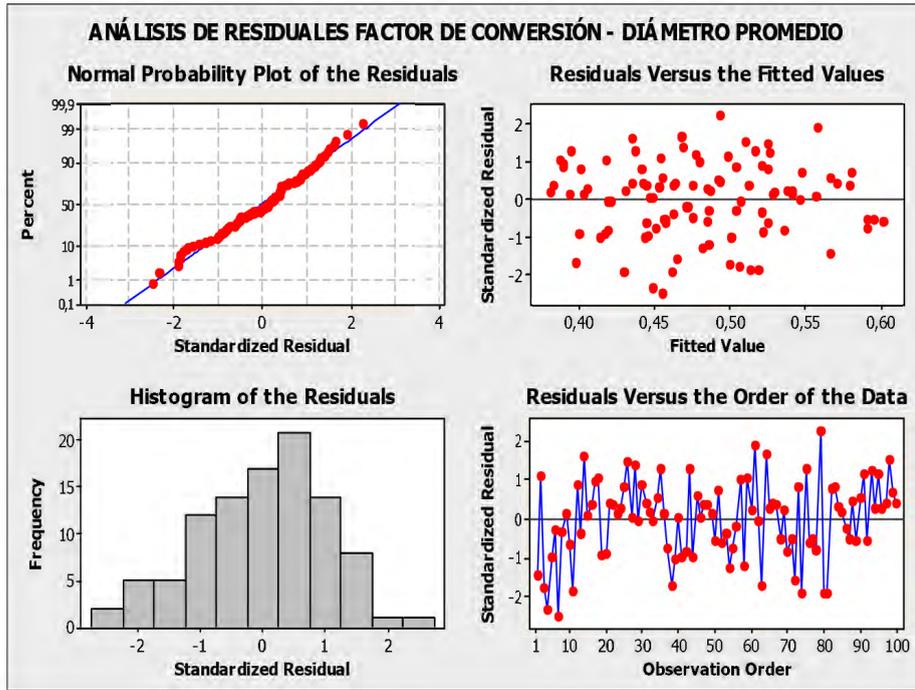
1. Sierra cinta principal
2. Carro portatrazas
3. Winche del carro portatrazas
4. Despuntadora
5. Canteadora
6. Reaserradora
7. Subestación eléctrica

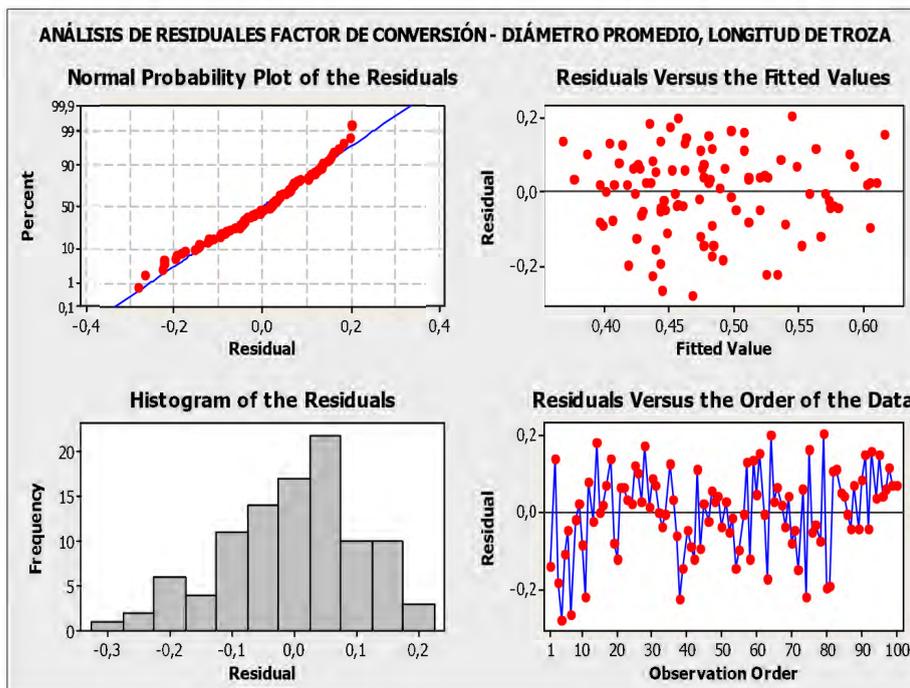
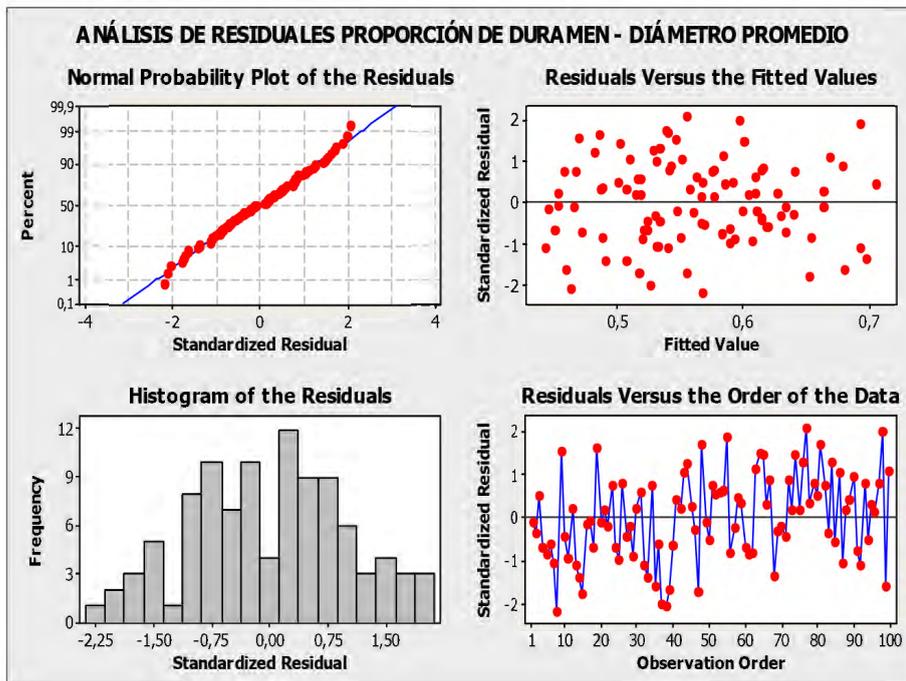
Escala: 1/500



ANEXO 4

DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN DE LOS RESIDUALES





ANEXO 5

FOTOGRAFÍAS DE LAS TROZAS, EL PROCESO DE ASERRÍO Y LA MADERA ASERRADA



Trozos de teca (*Tectona grandis*) en el patio del aserradero.



Tablones de teca saliendo de la sierra cinta.



Codificación de los tablonés de teca a la salida de la sierra cinta.



Canteado de los tablonés de teca.



Despuntado de los tablonos de teca.



Piezas de teca aserradas.