# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

# INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE TROZAS DE *Ceiba samauma* (HUIMBA NEGRA) EN LA CONVERSIÓN A MADERA ASERRADA EN PUCALLPA - UCAYALI

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO FORESTAL**

**KATTYA FIORELLA GONZALES LOLI**

**PUCALLPA - PERÚ**

**2018**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

## FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

## COMISION DE GRADOS Y TITULOS

### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS Nº 374

A las 12:30 pm, del 03 de agosto del 2018, se reunieron los miembros del Jurado Calificador en la Sala de Cómputo de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, conformado por los siguientes docentes;

- ✓ Dr. Marco Antonio Chota Isuiza — Presidente
- ✓ Dr. Aparicio Limache Alonzo — Miembro
- ✓ Ing. M. Sc. Cesar Mori Montero — Miembro

Para proceder a la evaluación de Tesis titulado; **"Influencia de la calidad de trozas de *Ceiba samuma* (huimba negra) en la conversión a madera aserrada en Pucallpa – Ucayali".** Finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de las preguntas, al sustentante Bach. Kattya Fiorella Gonzales Loli, las que fueron absueltas por el sustentante. En consecuencia la tesis fue aprobada por **UNANIMIDAD**, con el calificativo de **MUY BUENO**, quedando expedito para el otorgamiento del Título de Ingeniero Forestal, después de las correcciones respectivas a la tesis. El asesor de la tesis fue el Ing. M. Sc Manuel Ivan Salvador Cardenas. A las 1:35 pm, se dio por concluido el Acto Académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

.....
**Dr. Marco Antonio Chota Isuiza**
Presidente

.....
**Dr. Aparicio Limache Alonzo**
Miembro

.....
**Ing. M. Sc. Cesar Mori Montero**
Miembro

# ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por los miembros del Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza _____
Presidente

Dr. Aparicio Limache Alonzo _____
Miembro

Ing. M. Sc. Cesar Mori Montero _____
Miembro

Ing. M. Sc. Manuel Iván Salvador Cárdenas _____
Asesor

Bach. Kattya Fiorella Gonzales Loli _____
Tesista

**REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS**

Yo, _____

Autor de la TESIS titulada:

_____

_____

_____

Sustentada el año: _____

Con la asesoría de: _____

En la Facultad: _____

Escuela Profesional de: _____

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos:

**Primero**: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

**Segundo**: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.

**Tercero:** Autorizo la publicación,

☐ **Total** (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio)

☐ **Parcial** (significa que solo la caratula, la dedicatoria y el resumen en PDF será compartido en el repositorio)

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: ____ / ___/ _____

Email: _____ Firma: _____

Teléfono: _____ DNI: _____

## DEDICATORIA

A Dios por bendecir mis días, mi madre Delly por el tiempo, la dedicación, el esfuerzo y el amor infinito para lograr hacer de mí una persona de bien, mi Padre Miguel por los consejos que llevaré y aplicare en mi vida, mi hermana Janeth, por su apoyo incondicional en el trayecto de mi carrera, y mis hermanos Flor y Carlos por los buenos y malos momentos vividos.

# AGRADECIMIENTO

El Sr. Cesar Ochoa, Gerente General de la Empresa Corporación Maderera Forestal E.I.R.L, por brindarme el apoyo para la realización de mi tesis.

A mi asesor, el Ing. M. Sc. Manuel Iván Salvador Cárdenas, por dedicar su preciado tiempo apoyándome en el proceso de redacción de la tesis, como también por las enseñanzas brindadas en el campo y los temas correspondientes a mi profesión.

A todas las personas que directa e indirectamente han contribuido en la recopilación de los datos y a las que cada día me alientan a seguir avanzando y desarrollándome en mis metas profesionales.

# INDICE GENERAL

**DEDICATORIA** ..... **v**

**AGRADECIMIENTO** ..... **vi**

**INDICE GENERAL** ..... **vii**

**ÍNDICE DE TABLAS** ..... **x**

**INDICE DE FIGURAS** ..... **xii**

**RESUMEN** ..... **xiv**

**ABSTRACT** ..... **xv**

**INTRODUCCIÓN** ..... **1**

**CAPÍTULO I** ..... **2**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA** ..... **2**

**1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA** ..... **2**

**1.2 JUSTIFICACIÓN** ..... **3**

**1.3 OBJETIVOS** ..... **4**

**CAPÍTULO II** ..... **5**

**MARCO TEÓRICO** ..... **5**

**2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA** ..... **5**

2.1.1 Estudios Realizados ..... 5

**2.2 PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA.** ..... **7**

2.2.1 Factores que influyen en el rendimiento ..... 7

2.2.2 Aserrío de la madera ..... 9

2.2.3 Estudio de rendimiento ..... 9

2.2.4 Especie en estudio. ..... 12

**2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.** ..... **14**

**CAPITULO III** ..... **15**

**METODOLOGIA** ..... **15**

**3.1 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN** ..... **15**

**3.2 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN ..... 15**

**3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA ..... 15**

**3.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ..... 16**

3.4.1 Materiales ..... 16

3.4.2 Equipos ..... 16

3.4.3 Maquinas; Descripción y características ..... 16

**3.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ..... 17**

3.5.1 Clasificación de las trozas por grado de calidad ..... 17

3.5.2 Preparación y medición de las trozas ..... 18

3.5.3 Aserrío de trozas. ..... 18

3.5.4 Marcado de las piezas aserradas ..... 18

3.5.5 Medición y clasificación ..... 18

3.5.6 Procesamiento de datos ..... 19

**3.6 TRATAMIENTO DE DATOS ..... 20**

3.6.1 Análisis de Varianza de un factor ($ANVA_1$) ..... 20

3.6.2 Prueba de Tukey – Kramer ..... 20

3.6.3 Análisis de correlación y regresión ..... 21

**CAPITULO IV ..... 22**

**RESULTADOS Y DISCUSION ..... 22**

**4.1 DEFECTOS FRECUENTES EN LAS TROZAS DE HUIMBA NEGRA. 22**

4.1.1 Forma de sección de trozas ..... 22

4.1.2 Conicidad de trozas ..... 23

4.1.3 Rectitud de trozas ..... 24

4.1.4 Rajadura de trozas. ..... 25

4.1.5 Abultamiento de trozas. ..... 26

4.1.6 Ataque de insectos en trozas ..... 26

4.1.7 Manchas o pudrición en trozas. ..... 27

**4.2 CLASIFICACION Y DEFECTOS MÁS FRECUENTES POR GRADO CALIDAD DE TROZAS ..... 28**

4.2.1 Trozas de primera calidad ..... 29

4.2.2 Trozas de segunda calidad ..... 30

4.2.3 Trozas de calidad tercera ..... 30

**4.3 RENDIMIENTO EN ASERRÍO SEGÚN EL GRADO DE CALIDAD DE TROZAS ..... 31**

4.3.1 Rendimiento en aserrío de trozas de primera calidad .....31

4.3.2 Rendimiento en aserrío de trozas de segunda calidad .....34

4.3.3 Rendimiento en madera aserrada de trozas de tercera calidad .....36

4.3.4 Influencia de los grados de calidad de trozas en el rendimiento de madera aserrada. .....38

**4.4 COEFICIENTE DE ASERRÍO POR GRADO DE CALIDAD DE TROZAS ..... 40**

**4.5 RELACIÓN ENTRE EL VOLUMEN DE TROZAS Y EL VOLUMEN DE MADERA ASERRADA ..... 42**

**CAPITULO V ..... 44**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 44**

**5.1 CONCLUSIONES ..... 44**

**5.2 RECOMENDACIONES ..... 46**

**5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ..... 47**

**ANEXOS ..... 51**

# ÍNDICE DE TABLAS

***En el texto*** Pág.


**Tabla 1.** Criterios para la clasificación de calidad de trozas por categoría__ 17

**Tabla 2.** Clasificación de madera aserrada_____ 19

**Tabla 3.** Defectos frecuentes en las trozas de huimba negra_____ 22

**Tabla 4.** Distribución porcentual de las trozas por grado de calidad_____ 28

**Tabla 5.** Defectos frecuentes en la trozas de huimba negra por grado de calidad_____ 28

**Tabla 6.** Defectos predominantes en trozas de primera calidad de huimba negra_____ 29

**Tabla 7.** Defectos predominantes en trozas de segunda calidad de huimba negra_____ 30

**Tabla 8.** Defectos predominantes en trozas de tercera calidad de huimba negra_____ 31

**Tabla 9.** Rendimiento en aserrío de trozas de primera calidad_____ 31

**Tabla 10.** Análisis de correlación y regresión entre el rendimiento de madera aserrada comercial y de recuperación en trozas de la calidad I___ 33

**Tabla 11.** Rendimiento en aserrío de trozas de segunda calidad_____ 34

**Tabla 12.** Análisis de correlación y regresión entre el rendimiento de madera aserrada comercial y de recuperación en trozas de la calidad II___ 35

**Tabla 13.** Rendimiento en aserrío de trozas de tercera calidad_____ 36

**Tabla 14.** Análisis de correlación y regresión entre el rendimiento de madera aserrada comercial y de recuperación en trozas de la calidad III__ 38

**Tabla 15.** Análisis de correlación y regresión entre los grados de calidad de las trozas y el rendimiento de madera aserrada_____ 39

**Tabla 16.** Análisis de Varianza (ANVA) del coeficiente de aserrío de madera aserrada comercial por grados de calidad de trozas_____ 41

**Tabla 17.** Prueba de comparación del coeficiente de aserrío de madera comercial según el grado de calidad de trozas (Tukey–Kramer α= 0.05)_____ 42

**Tabla 18.** Análisis de correlación y regresión entre el volumen de troza y el rendimiento en madera aserrada comercial_____ 43

***En el anexo***

**Tabla 19A.** Datos de pre muestreo, para determinar el tamaño de la muestra_____ 52

**Tabla 20A.** Cubicación y características de las trozas de huimba negra_____ 55

**Tabla 21A.** Nº de piezas de madera aserrada, obtenido por cada troza de huimba negra_____ 57

# INDICE DE FIGURAS

***En el texto*** Pág.

**Figura 1.** Distribución porcentual de la forma de sección de las trozas de huimba negra_____ 23

**Figura 2.** Distribución porcentual de la conicidad de trozas de huimba negra_____ 24

**Figura 3.** Distribución porcentual de la rectitud de trozas de huimba negra_ 25

**Figura 4.** Distribución porcentual de las rajaduras en las trozas de huimba negra_____ 25

**Figura 5.** Distribución porcentual de abultamientos en trozas de huimba negra_____ 26

**Figura 6.** Distribución porcentual de ataque de insectos en trozas de huimba negra_____ 27

**Figura 7.** Distribución porcentual de manchas o pudriciones en trozas de huimba negra_____ 27

**Figura 8.** Relación entre el rendimiento de madera comercial y de recuperación resultantes de trozas de calidad I_____ 33

**Figura 9.** Relación entre el rendimiento de madera comercial y de recuperación resultantes de trozas de calidad II_____ 35

**Figura 10.** Relación entre el rendimiento de madera comercial y de recuperación resultantes de trozas de calidad III_____ 37

**Figura 11.** Rendimiento en madera aserrada según el grado de calidad de trozas_____ 38

**Figura 12.** Coeficiente de aserrío de madera aserrada según el grado de calidad de trozas_____ 40

**Figura 13.** Relación entre el volumen de troza y el rendimiento en madera aserrada_____ 42

***En el anexo***

**Figura 14.** Trozas de *Ceiba samauma* con sección irregular_____ 59

**Figura 15.** Troza de *Ceiba samauma* con rectitud; semisinuosa, sinuosa y torcida 59

**Figura 16.** Ataque de hongos e insectos en trozas y madera aserrada de *Ceiba samauma* 60

**Figura 17.** Cubicación de trozas de huimba negra 61

**Figura 18.** Codificación de trozas de *Ceiba samauma* a través de colores diferentes 61

**Figura 19.** Procesos de aserrío de la madera de huimba negra 62

**Figura 20.** Madera aserrada y de recuperación de huimba negra 63

# RESUMEN

EL objetivo principal del trabajo fue determinar la influencia de tres grados de calidad de trozas de *Ceiba Samuma* (huimba negra) en la conversión a madera aserrada, especie recientemente introducida en el mercado nacional, que carece de información técnica y científica que son necesarias en la planificación de las operaciones forestales y comerciales.

Los ensayos se ejecutaron en el Aserradero Iván Sikic E.I.R.L de Pucallpa, Para ello se tomaron 43 trozas y se clasificaron en 3 categorías de calidad en función a variables de; forma de sección, conicidad, rectitud, hueco, rajadura, abultamiento, ataque de insectos, mancha y pudrición, cuantificando el volumen de madera rolliza y el volumen de madera aserrada resultante por cada troza.

Los resultados ponen en evidencia que los defectos encontrados en las trozas de *Ceiba samauma* (huimba negra) fueron: forma de sección, conicidad, rectitud, rajaduras, abultamientos, ataques de hongos e insectos; de acuerdo a la clasificación de las trozas por grados de calidad predominó las de segunda (37.21%), de tercera (35.56%) y finalmente las trozas de primera (30.23%). El rendimiento total en aserrío según el grado de calidad fueron*:* para primera calidad 51.27%, segunda calidad 42.79% y tercera calidad 37.08%, existiendo diferencias significativas entre los coeficientes de aserrío según los grados de calidad de trozas: Existe una asociación altamente significativa y directamente proporcional entre el volumen de las trozas y el volumen de madera aserrada, indicando que conforme aumenta el volumen de la troza, el volumen de madera aserrada también se incrementa.

**Palabras claves:** Rendimiento, Madera aserrada, Huimba negra, Calidad de trozas

# ABSTRACT

The main objective of the work was to determine the influence of three grades of quality of *Ceiba Samuma* (black huimba) logs in the conversion to sawn wood, a species recently introduced in the national market, which lacks technical and scientific information that are necessary in the planning of forestry and commercial operations.

The tests were carried out at the Iván Sikic E.I.R.L Sawmill in Pucallpa. For this, 43 logs were taken and classified into 3 quality categories based on variables of; form of section, conicity, straightness, hollow, cracking, bulging, insect attack, stain and rot, quantifying the volume of roundwood and the volume of sawn wood resulting from each log.

The results show that the defects found in the logs of Ceiba samauma (Huimba negra) were: section shape, conicity, straightness, cracks, bulges, attacks of fungi and insects; according to the classification of the logs by quality grades, the second (37.21%), third (35.56%) and finally the first logs (30.23%) prevailed. The total yield in sawmill according to the grade of quality were: for first quality 51.27%, second quality 42.79% and third quality 37.08%, there being significant differences between the sawing coefficients according to the grades of quality of logs: There is a highly significant association and directly proportional between the volume of the logs and the volume of sawn wood, indicating that as the volume of the log increases, the volume of sawn timber also increases.



**Keywords**: Yield, Sawn timber, Black huimba, Quality of logs

# INTRODUCCIÓN

El sector forestal dedicado a la explotación maderera es uno de los que más puestos de trabajo generan en el país. Por cada US$1 millón exportado, se da trabajo a 302 peruanos, de acuerdo con la información del Banco Central de Reserva (BCRP, 2017).

Las actividades de transformación primaria de la madera se desarrollan principalmente en tres regiones Ucayali (Pucallpa), Loreto (Iquitos) y en menor medida en la selva central, representando estas regiones hasta el 95.5% de la actividad económica del sector maderero con bosques húmedos tropicales (Promamazonia, 2016).

En nuestro país la comercialización de madera procesada, se realiza en muchos casos en base de estándares nacionales e internacionales (NTP, NHLA). Sin embargo en cuanto a la comercialización de trozas, como producto forestal, su transacción está y ha estado ligado íntimamente a la especie, dejando de lado un factor muy importante como la clasificación de calidad de la misma, lo que influye directamente en el rendimiento a madera aserrada.

En consecuencia se requiere de información técnica que permita proyectar el volumen de madera aserrada a partir de la calidad de trozas de cualquier especie, para ello se debe realizar estudios de rendimientos, tomando en cuenta la magnitud de los defectos en las trozas y clasificándolas en categorías.

La presente investigación está orientada a determinar la influencia tres calidades de trozas en la conversión a madera aserrada de *Ceiba samuma,* especie recientemente introducida en el mercado nacional, así como conocer el coeficiente de aserrío por grado de calidad de la especie.

La importancia de la investigación radica, ya que establece una línea base para que en un futuro cercano la comercialización de trozas se realice en función de la especie y la calidad, teniendo en cuenta el coeficiente de aserrío, como información técnica que permita estimar el volumen de madera aserrada por grado de calidad de troza, lo que permitirá a las empresas planificar sus actividades de transformación y comercialización.

# CAPÍTULO I

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El aprovechamiento de la madera y posterior transformación es una de las principales actividades económicas de la región Ucayali. La madera en trozas y la madera aserrada son productos de la industria forestal, que se comercializa a nivel regional y nacional. El desconocimiento de la técnica de clasificación de madera en trozas es un problema frecuente que no permite una transacción comercial real y justa en la actualidad.

La comercialización de trozas, como producto forestal, únicamente se realiza tomando en cuenta la especie, dejando de lado otro factor muy importante como es la calidad de las mismas, situación que se traduce en rendimientos bajos en madera aserrada provenientes de trozas de mala calidad, y que muchas veces genera pérdidas económicas por la inexistencia de reglas de clasificación de trozas por grado de calidad en el mercado nacional.

Sin embargo para estimar los valores resultantes de madera aserrada a partir del volumen de madera rolliza, se requiere conocer el coeficiente de aserrío por grado de calidad de trozas de cualquier especie, y para ello se debe realizar un estudio de rendimiento, donde se deben de tener en cuenta múltiples factores internos como externos.

Para determinar la influencia de los factores externos, el estudio se debe realizar en un mismo aserradero y con el mismo personal capacitado. Con respecto a los factores internos como calidad de trozas se deben evaluar aspectos de forma (rectitud o ausencia de torceduras y conicidad) y elementos mecánicos (protuberancias por nudos vivos o muertos, grietas o rajaduras en las caras, orientación predominante del grano) y para mantener como factor constante el efecto de la calidad, se deben establecer categorías de calidad de trozas estableciéndose lotes a ser procesados.

Por otra parte la escasez de madera y la poca capacidad económica de las algunas empresas, permiten que se comprometan volúmenes de

producción de madera aserrada (cargas de madera), a partir de estimaciones erradas, que han generado incumplimiento de las empresas con sus clientes, debido a que no se han logrado cumplir con las cargas de madera acordada, causada principalmente por la falta de información técnica, que permita estimar el rendimiento de madera rolliza a madera aserrada. Actualmente se ha introducido al mercado una nueva especie denominada *Ceiba samauma* (Huimba negra), lo cual amerita su estudio combinando los factores de calidad de troza y rendimiento en madera aserrada.

Bajo lo mencionado la investigación está orientado a determinar la influencia de la calidad de trozas en el rendimiento en madera aserrada de la especie *Ceiba samauma* (huimba negra).

El trabajo permitirá resolver las siguientes interrogantes:

¿Cuál es la influencia de la calidad de trozas en la conversión a madera aserrada de huimba negra?

¿Cuáles son los defectos frecuentes en las trozas de huimba negra?

¿Cuáles son los defectos frecuentes por grado de calidad de las trozas de huimba negra?

¿Cuál es el rendimiento en aserrío según el grado de calidad de trozas de huimba negra?

¿Cuál es el coeficiente de aserrío por grado de calidad de trozas de la especie huimba negra?

¿Cuál es la relación entre el volumen de trozas y el volumen de madera aserrada de huimba negra?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Las actividades de transformación primaria de la madera se desarrollan principalmente en tres regiones Ucayali (Pucallpa), Loreto (Iquitos) y en menor medida en la selva central, representando estas regiones hasta el 95.5% de la actividad económica del sector maderero con bosques húmedos tropicales (Promamazonia, 2016)

El estudio permitirá conocer si existe influencia de la calidad de troza en el rendimiento en madera aserrada de Huimba negra (*Ceiba samauma*), así como conocer los coeficientes de aserrío por calidades, información que permitirá realizar transacciones más justas en la comercialización de trozas de la especie, así mismo permitirá a las empresas proyectar en base a una manera científica; el volumen de trozas que se necesitan para cumplir con las cargas de madera aserrada de huimba negra acordadas con sus clientes. Además la información permitirá realizar un análisis de rentabilidad de las operaciones en base a ganancias proyectadas por el aprovechamiento de la especie.

Sumado a ello la información podrá ser utilizada por los actores y la autoridad forestal para una mejor comprensión de los volúmenes reales de rendimiento de la especie en estudio. Ya que el sistema de aprobación de volúmenes actualmente se basa en 52 % para madera comercial y 28 % para madera de recuperación, lo que muchas veces genera presunciones de blanqueo de madera cuando algunas especies superan estos parámetros.

## 1.3 OBJETIVOS

### Objetivo General

- Determinar la influencia de la calidad de trozas en la conversión a madera aserrada de huimba negra

### Objetivos Específicos

- Determinar los defectos frecuentes en las trozas de huimba negra.
- Determinar los defectos frecuentes por grado de calidad de las trozas de huimba negra.
- Determinar el rendimiento en aserrío según el grado de calidad de trozas.
- Determinar el coeficiente de aserrío por grado de calidad de trozas de la especie huimba negra.
- Determinar la relación entre el volumen de trozas y volumen de madera aserrada de huimba negra.

# CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO

## 2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

### 2.1.1 Estudios Realizados

Muñoz (2014), realizó un estudio en el aserradero Agro Forestal Requena S.A.C, con la finalidad de determinar el rendimiento por grados de calidad de la madera aserrada de la especie capirona. Se evaluaron un total de 24 trozas de madera. Los resultados dan a conocer un promedio en madera aserrada por troza de 57,32%, de las cuales un 61,60% se clasifico como comercial y un 38,40% como recuperación.

En una investigación ejecutada por (Gonzales & Solorzano, 2014), en el Aserradero Forestal Rio Piedras S.A.C, se evaluaron 120 trozas para determinar el rendimiento por clase diamétrica. Los resultados muestran un rendimiento de 23% para la clase I, 25% para II, 30% para III, 32% para IV y 32% para la clase V.

En la planta de aserrío de la comunidad nativa Santa Mercedes - Loreto, se estudió el rendimiento y los costos de producción de frisas de madera de *Hymenaea palustris* y *Dipteryx micrantha* aserrados en una tablilladora portátil. Se evaluaron 766 bloques de madera haciendo un volumen de 24,32 m3. (Armas, 2016), menciona que se obtuvieron un rendimiento promedio en frisas de 64,44%, con un desperdicio de 35,56%, asimismo el costo por m3 de bloque de maderas procesadas fue de 126,30/m3 que indica una baja rentabilidad.

En las instalaciones del aserradero de Green Gold Forestry S.A.C de la ciudad de Iquitos, Vela (2014), realizó un estudio para determinar el rendimiento en madera aserrada de *Dipteryx micrantha* (shihuahuaco). Se evaluaron 21 trozas, haciendo un volumen de 1524,38 m3. Los resultados concluyen un rendimiento en madera

aserrada del 42,77%, a partir de ello se procesa y se tienen rendimiento del 32,17% en decking, 9,06% a tablillas para pisos y 1,54% para decking tiles y el desperdicio total es de 57,23%.

El estudio se realizó en las instalaciones del aserradero de la empresa Forestal Agrícola y Servicios El Tigre S.R.L. en Iquitos, con la finalidad de determinar el rendimiento *Hymenaea oblongifolia* y Dipteryx micrantha. Se evaluaron un total de 113 trozas existentes en el patio de acopio. El rendimiento total para *Hymenaea oblongifoli*a es de 56,84%, repartidas en 50,89% para madera comercial y 5,95% para madera de recuperación, mientras para *Dipteryx micrantha* el rendimiento total es de 65,73%, con un rendimiento en madera comercial de 49,86%, en madera de recuperación de 15,87%, con un desperdicio de 34,27% (Rojas, 2010).

En el taller de carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali, Flores (2017), realizó un estudio con objetivo de conocer el rendimiento de la madera aserrada de *Calophyllum brasiliense* (Lagarto caspi) en la fabricación de ladrillos de madera. Para ello se evaluaron 7038 pt de madera aserrada. Los resultados evidencian que el rendimiento de 49,73%, asimismo el factor de recuperación de residuos de elementos estructurales como: chiletas, listones, tapajuntas con un 17% convirtiendo 33,27% en desperdicios.

Quispe (2011), realizo una investigación con el objetivo de conocer el rendimiento y coeficiente de aserrío en la especie *Brosimum utile* (leche caspi) en el aserradero "New Forest" de la ciudad de Villa Rica. Se estudiaron 30 trozas repartidas en tres clases diamétricas (40-50, 50-60 y 60-70 cm). Obtuvo un rendimiento del 63,10 % de madera aserrada y un coeficiente de aserrío de 0,63, que permitirá estimar la madera aserrada a partir de madera rolliza.

Se determinó el rendimiento de la madera de Copaiba (*Copaifera officinalis*) con trozas provenientes de las zonas de Tournavista y

Neshuya. El estudio se realizó en las instalaciones del Aserradero Pezo E.I.R.L, el cual permitió evaluar 65 trozas. Se obtuvieron rendimientos de 48.18% en madera comercial y de 10.45% en madera corta, alcanzando un rendimiento global de 58.63%. El análisis estadístico revela una relación valida pero inconsistente entre el rendimiento y la conicidad, mientras que en el análisis de correspondencia destacan las rajaduras y las acebolladuras como los defectos más característicos de la Copaiba; los cuales cuando se manifiestan en mayores longitudes y anchos generan rendimientos mucho menores, (Reyes, 2007)

El estudio analiza el rendimiento en aserrío de dos de las principales especies comerciales de la zona de Chanchamayo, el tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) y moena (*Aniba sp*), teniendo en cuenta las características promedio de las trozas y de un aserradero tipo de la zona. Para el tornillo se encontró un factor de conversión promedio de 0.58 y 0.61 para moena; con base a estos resultados se elaboró una tabla de rendimiento de madera aserrada para cada especie, (Campos & Chuquicaja, 1988)

## 2.2 PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA.

### 2.2.1 Factores que influyen en el rendimiento

Zavala & Hernandez (2000), afirman que la calidad de la madera aserrada decrece con la calidad de las trozas y que el coeficiente de aserrío se reduce con el aumento de los defectos de las trozas. También menciona al diámetro de las trozas como un efecto directo en la calidad y cantidad de madera aserrada, es decir que si aumenta el diámetro de las trozas aumentará su rendimiento.

En el mismo tema, Almeida, (2012), hace referencia la opinión de Fahey y Ayer-Sachet (1993) quien indica que el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; demostrándose que en la medida que el diámetro es mayor también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío; por lo tanto

el procesamiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos.

Por otro lado dentro de los estudios de rendimiento, Carre (1992), indica que el coeficiente de aserrío varía de 0,20 a 0,65, dicha variación va depender de los siguientes factores: el diámetro de la troza, configuración y rectitud de las trozas, modo de cortes y espesor de las piezas, tipo de sierra utilizada, estado sanitario, entre otros. Así mismo señala que el número de piezas y el rendimiento se ven afectado por el espesor de las piezas aserradas.

En similar opinión citamos a Schwerw (1981), quien señala que el coeficiente de aserrío depende aparte de las características de las sierras;  de los defectos, la forma y el diámetro de la troza. Por tal razón, agrega que es difícil establecer un factor objetivo sin haber realizado estudios solventes.

Almeida (2012), afirma que la longitud, conicidad y diagrama de troceado. Se puede afirmar que el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío, es afectado por la longitud y por la conicidad de las trozas. En la medida que aumenten ambos parámetros se incrementa la diferencia entre los diámetros en ambos extremos de la troza.

Según Taranco (1973), el factor de rendimiento en aserrío de madera rolliza a madera aserrada es influenciado por mucho 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.

### 2.2.2 Aserrío de la madera

García (2001), menciona que el aserrío o (aserrado) es el proceso mediante el cual se convierte la madera rolliza en tablas, tablones, vigas y durmientes, utilizando maquinarias, equipos, recursos humanos, fuente de energía y dinero.

Asimismo, Souza (2016), dice que en la actualidad el recurso forestal continúa proporcionando utilidades a la sociedad, lo que crea una necesidad de sostenibilidad del bosque como una alternativa de producción. La principal función de una industria forestal es transformar la materia prima en madera aserrada. Esto se realiza para maximizar utilidades y obtener madera con las dimensiones que el mercado demanda, ya que a través de dicho proceso se da valor agregado al producto aserrado y puede ser utilizado en construcción, carpintería, entre otros.

### 2.2.3 Estudio de rendimiento

Quiroz (2005), señala que el término rendimiento se refiere a la relación entre el volumen de madera rolliza (trozas) y el volumen resultante en productos aserrados. Este término también es conocido como coeficiente de aserrío o factor de recuperación de madera aserrada “FRM” y constituye un indicador de la tasa de utilización en el proceso de aserrío.

El estudio comienza, con la determinación de la muestra, para ello el Serfor (2008), indica que se debe realizar un pre muestreo, para tener una aproximación de la variabilidad del volumen de las trozas de la especie, a partir de un pre muestreo de 30 trozas por especie. Posteriormente la determinación del tamaño de la muestra de trozas a evaluar, se realizará considerando el coeficiente de variabilidad obtenido en el pre muestreo y un error de muestreo no mayor del 15%. Para el determinar el tamaño de la muestra se calculará la siguiente expresión matemática, utilizada por Zavala y Hernández (2000):

$$n = \frac{Z^2 N C V^2}{N E^2 + Z^2 C V^2}$$

Donde

*n* = Número de trozas necesarias para el estudio
*N* = Número total de trozas existentes en el patio de acopio
*Z* = Valor tabular al 95% de confiabilidad = 1,96
*CV* = Coeficiente de variación
*E* = Error permisible (5%)

Una vez elegidos las trozas BOLFOR (1997), señala que se procede al pintado de sus extremos con pintura al aceite, utilizando para ello pinturas de color diferente al que presenta la madera de la troza, con la finalidad de evitar confusiones con el ingreso de otras trozas y por sobre todo para identificar y no perder de vista las tablas de la troza en estudio.

Para calcular los datos de madera en rollo obtenidos en el aserradero, se pueden calcular a través de dos fórmulas: la Smalian y la de Huber. Estas dos fórmulas calculan el volumen en bruto de una troza, sin depreciar las costaneras (cantos) que se obtienen al aserrarla u otros subproductos que se derivan de la industria, (Batres, 2003)

Según Gonzales & Cuadra (2004), la fórmula ***SMALIAN***, calcula el volumen de la troza a partir de un cono truncado, por lo que se utilizan los parámetros de: diámetro menor y mayor (en centímetros), y la longitud total (en metros). Es la fórmula que calcula el volumen con mayor grado de exactitud, pero el tiempo de medición de las trozas es mayor.

$$\boldsymbol{V_{troza} = \pi \times \frac{(D^2 + d^2)}{8} \times L}$$

Dónde:

*V* = Volumen, m3 (metros cúbicos sólidos sin corteza)
*D2* = Diámetro, extremo mayor de la troza, en metros
*d2* = Diámetro, extremo menor de la troza, en metros
*L* = Longitud de la troza, en metros

También es importante mencionar a Henning (1972) quien indica que la fórmula ***DOYLE***, fue establecida por Eduard Doyle en el año 1825 y que calcula el volumen de una troza como si fuera cilíndrica, utiliza los parámetros de diámetro menor sin corteza (en pulgadas) como base y la longitud total (en pies). Tiene la desventaja de que subestima el volumen en diámetros menores y sobrestima el volumen de diámetros mayores. Es utilizada por la mayoría de la industria maderera debido a la facilidad de su aplicación y el tiempo que se requiere en la medición. La fórmula supone un grosor de sierra de 5/16" que es bastante alto.

$$\boldsymbol{V_{(pt)} = \frac{(d^1 - 4)^2}{16} \times L}$$

Dónde:

*V(pt)* = Volumen en pies tablares.
*d1* = Diámetro menor en pulgadas.
*L* = Longitud de la troza en pies.

INAB (2003), dice que para el cálculo de madera aserrada en la industria, se calculan en medidas de espesor y ancho generalmente tomadas en pulgadas y la longitud en pies, por lo tanto al aplicar la siguiente formula se obtienen pies tablares.

$$\boldsymbol{V_{(pt)} = \frac{e \times a \times l}{12}}$$

Dónde:

*V(pt)* = Volumen en pies tablares.
*e* = Espesor de la pieza aserrada en pulgadas.
*a* = Ancho de la pieza aserrada en pulgadas.
*l* = Largo de la pieza aserrada en pies.

Serfor (2008), en su manual para determinación de coeficiente de rendimiento, recomienda utilizar la siguiente formula que expresan el volumen en m3, con medidas de espesor, ancho y largo en mm.

$$V_i = \frac{e \times a \times l}{100000}$$

El mismo autor expresa que la clasificación comercial de madera, comúnmente utilizada en el mercado nacional corresponde a; madera comercial, madera de recuperación y medidas especiales.

BOLFOR (1997), afirma que el estudio de rendimiento permite calcular el llamado COEFICIENTE DE ASERRIO o coeficiente de aserrado, que es la relación entre el volumen de madera que se obtuvo y el volumen de los rollos que se usaron para producirla. Se calcula bajo la siguiente formula:

$$Coeficiente\ de\ aserrio = \frac{madera\ aserrada}{madera\ en\ rollo}$$

### 2.2.4 Especie en estudio.

- ✓ **Nombre y Familia**

  Nombre internacional : Toborichi (Bol) Ceiba (Col) Samauma (Bra).Balsamo
  Nombre científico : *Ceiba samauma*
  Sinónimos : *Eriodendron samauma*
  Nombre Común : Huimba negra, Samahuma
  Familia : BOMBACACEAE

- ✓ **Procedencia**

  La Huimba Negra se encuentra ampliamente distribuida en los bosques amazónicos de Brasil, Colombia, Bolivia y Perú. En el Perú se encuentra en los departamentos de Huánuco, Loreto, San Martín y Ucayali. En las formaciones ecológicas de bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT) y bosque húmedo tropical (bh-T), en bosques primarios y secundarios crece generalmente asociada a especies como: *Hymathantus platanifolia, Schizolobium amazonicum, Myroxylon balsamum, Matisia cordata* entre otras, (CPM, 2008)

- ✓ **Descripción del Árbol en pie**

  Árbol dominante. Altura total hasta 42 metros. Altura comercial de 20 metros. d.a.p. de 80 a 130 cm. Copa irregular y tronco

acanalado. De fuste recto y ahusado en la pared basal con aletas de hasta 5 m. La corteza externa es de color gris oscuro con aguijones cónicos, con pequeñas fisuras longitudinales paralelas. La corteza interna es de color marrón cremoso y de textura esponjosa, contiene gomas y cristales de sílice (CPM, 2008).

- ✓ **Propiedades físicas y mecánicas**

  **Según,** CPM (2008)

| | |
|---|---|
| Densidad básica | : 0.57 gr/cm$^3$ |
| Contracción Volumétrica | : 11.60 % |
| Relación T/R | : 1.53 |
| Contracción tangencial | : 7.70% |
| Contracción radial | : 4.35% |
| Sílice | : 0.24% |
| Módulo de Elasticidad en flexión | : 105.00 t/ cm$^2$ |
| Módulo de Ruptura en flexión | : 582.00 kg/ cm$^2$ |
| Comprensión Paralela | : 287.00 kg/ cm$^2$ |
| Comprensión Perpendicular | : 42.00 kg/ cm$^2$ |
| Corte paralelo a las fibras | : 71.00 kg/ cm$^2$ |
| Dureza de lados | : 374.00 kg/ cm$^2$ |
| Tenacidad | : 2.20 kg-m |

- ✓ **Características de la troza**

  **Según,** CPM (2008)

Diámetro : Promedio de 47 pulgadas

Forma : Cilíndrico, recto.

Defectos : No presentan defectos característicos.

Conservación : La especie es moderadamente resistente al ataque biológico. Los insectos y los hongos pueden atacar las trozas de Huimba y por lo tanto se recomienda acortar el tiempo de almacenamiento en el bosque y aplicarles un tratamiento fungicida e insecticida.

- ✓ **Aserrío y secado**

  El aserrío es fácil, produciendo un efecto de desafilado mínimo por el contenido de sílice. El cepillado es excelente, el comportamiento al moldurado, taladrado y torneado es bueno. El secado al aire es moderadamente lento, relazándose en 110 días. Presenta un buen comportamiento al secado artificial con un programa de secado moderado, (CPM, 2008)

- ✓ **Durabilidad Natural y usos**

  Durabilidad natural : La especie es moderadamente resistente al ataque biológico.

  Preservación : El tratamiento inmerso en sales, la albura y el duramen presentan una absorción buena y una penetración de buena a regular. Es una madera fácil de preservar por el sistema baño caliente-frío y vacío a presión.

  Usos : Estructuras, vigas, viguetas, armaduras, columnas. Carpintería de obra. Carrocería. Cajonería liviana. Mueblería. Laminado. Pulpa para papel. Tableros. Es un sustituto del Pino Oregón, (CPM, 2008).

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

**Coeficiente de aserrío:** Relación entre el volumen de producto elaborado y el volumen del producto forestal al estado natural, para el estudio de madera aserrada y madera rolliza (troza) respectivamente, Serfor (2008).

**Cubicación:** Acto que consiste en determinar el volumen de madera contenido ya sea en árboles en pie, en trozas o en piezas aserradas, Serfor (2008).

**Estudio de rendimiento:** Relación entre el volumen de madera aserrada producido y el volumen en troza utilizado, BOLFOR (1997).

**Madera aserrada:** Piezas de madera maciza obtenidas por aserrío de trozas, generalmente escuadrada, es decir con caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas, Serfor (2008).

**Trozas:** Madera en su estado natural, con o sin corteza, Serfor (2008).

# CAPITULO III

# METODOLOGIA

## 3.1 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo descriptivo – cuantitativo, basados en la cuantificación del volumen de madera aserrada, resultante del aserrío de trozas clasificadas por grados de calidad.

## 3.2 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en el Aserradero Iván Sikic E.I.R.L, cuyas instalaciones se encuentra ubicada en la carretera Manantay Km. 2 (Frente al Asent. H. Ivan Síkic) en el Distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali.

## 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio estuvo conformada por 144 trozas que se tuvieron disponibles en el patio de acopio.

La muestra representativa de la población se calculó mediante la siguiente expresión matemática, utilizada por Zavala y Hernández (2000):

$$n = \frac{Z^2 N C V^2}{N E^2 + Z^2 C V^2}$$

Donde:

*n* = Número de trozas necesarias para el estudio
*N* = Número total de trozas existentes en el patio de acopio
*Z* = Valor tabular al 95% de confiabilidad = 1,96
*CV* = Coeficiente de variación
*E* = Error permisible (5%)

Previo al cálculo del tamaño de la muestra (*n*) y con el fin de determinar el *CV* se realizó un premuestro tomando como base un numero de 30 trozas seleccionadas al azar del patio de acopio (Anexo 2). La muestra representativa (*n*), corresponde a **43 trozas** que fueron seleccionadas considerando los grados de calidad (primera, segunda y tercera).

## 3.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

### 3.4.1 Materiales

- ✓ Trozas de la especie *Ceiba samauma* (Huimba negra).
- ✓ Pintura de diferentes colores.

### 3.4.2 Equipos

- ✓ Cinta métrica.
- ✓ Libreta de apuntes.
- ✓ Formato para toma de datos.
- ✓ Útiles de oficina.

### 3.4.3 Maquinas; Descripción y características

**Zona de aserrío**

- ✓ Sierra principal.

  Marca DANCKDER, diámetro de volante de 1,49 m, ancho de volante de 18 cm, potencia de motor de 90 Hp, con funcionamiento de mano de sierra a la derecha. El carro porta troza tiene una potencia de motor de 4 HP, con 4 escuadras, sistema de puesta de medida de forma automática, 2 ruedas por escuadra y riel de guía tipo triangular. El Winche tipo pluma posee una potencia de motor de 12,5 Hp y capacidad de arrastre de 3 toneladas. Mientras que el macaco tiene una potencia de motor de 12,5 Hp.
- ✓ Rodillos transportadores.

  Pista de rodillo lisa con bocina, diámetro de rodillo de 11 cm de longitud de 1,12 m, con espaciamiento de entre rodillo de 95 cm.
- ✓ Canteadora múltiple

  Con motor de 60 Hp, con 3 discos de 45 cm de diámetro, con 12 dientes cada uno, guía de tipo angular manual con posición de riel de guía a la izquierda y alimentación de piezas a través de polines.
- ✓ Despuntadora

  Potencia de motor de 12,5 Hp, disco de carburo de tungsteno de diámetro de 50 cm con 40 dientes.

**Zona de recuperación**

- ✓ Canteadora de corta.
  Motor de 20 Hp, con disco de tu tungsteno de diámetro de 45 cm.

## 3.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

### 3.5.1 Clasificación de las trozas por grado de calidad

**Tabla 1**. Criterios para clasificación de calidad de trozas por categorías

| Variable | Calidad por categorías | | |
|---|---|---|---|
| | **Primera (I)** | **Segunda (II)** | **Tercera (III)** |
| **Forma de sección** | Circular | Ovalada | Irregular |
| **Conicidad** | Cilíndrica Cuando el coeficiente de ahusamiento es: ≤ 2 cm/m | Semicilíndrica Cuando el coeficiente de ahusamiento es: > 2 cm/m y ≤ 5 cm/m | Ahusada Cuando el coeficiente de ahusamiento es: ≥ 5 cm/m |
| **Rectitud** | Derecha | Semi-sinuosa | Sinuosa y torcida |
| **Rajadura** | No presenta | Solo Una (01) Ancho (abertura) < 2.5 cm profundidad < 25% del largo de la troza | Más de Una (01) Ancho (abertura) < 5.0 cm profundidad < 50% del largo de la troza. |
| **Abultamiento** | No presenta | Solo uno (1) | Más de uno (1) |
| **Ataque de insectos** | No presenta | Ligero | Presenta |
| **Mancha y/o pudrición** | No presenta | Solo mancha (Hongo cromógeno) | Manchas y/o pudriciones (Hongo xilófago) |

**Fuente**: Serfor (2008)

La clasificación de trozas de *Ceiba samauma* (huimba negra). Se hizo utilizando los criterios para clasificación de calidad por categorías del Serfor (2008) tal como lo detalla la tabla 1, encontrándose la siguiente distribución: 13 trozas de primera, 16 de segunda y 14 de tercera calidad, haciendo un total de 43 tozas (n= 43). Para que una troza sea considerada en una de estas categorías, deberá cumplir al menos con tres (03) de las variables.

### 3.5.2 Preparación y medición de las trozas

La trozas se prepararon para su seguimiento en las operaciones de aserrío, para ello se realizaron tareas de limpiado, marcado y codificado. En las secciones transversales (cabezas) de las trozas, se marcaron con pintura de diferentes colores de manera que sirva de código y facilite su seguimiento en el proceso de aserrío a fin de determinar las piezas de madera resultante por cada troza.

La medición de las trozas se realizó en base al sistema internacional, tomando medidas en metros (m), para el diámetro mayor, menor y longitud.

### 3.5.3 Aserrío de trozas.

Antes del aserrío las trozas estuvieron agrupados según la calidad (primera, segunda y tercera), de tal manera de mantener un orden y facilitar el control de las piezas obtenidas. El proceso contemplo que las trozas pasen por la sierra principal, a fin de obtener piezas de madera aserrada, para consecutivamente ser procesadas en la canteadora y despuntadora. Las piezas menores o igual a 1,52 m de longitud se trasladaron a la zona de recuperación, donde una canteadora eliminó defectos presentes.

### 3.5.4 Marcado de las piezas aserradas

Inmediatamente después del proceso de aserrío, las piezas de madera se marcaron en la superficie de sus secciones transversales con el mismo color que se pintó la troza que le dio origen, para facilitar el seguimiento.

### 3.5.5 Medición y clasificación

Las medidas de las piezas fueron tomadas; el espesor en milímetros (mm), el ancho en cm y el largo en metros (m), el registro de estos datos se realizó inmediatamente después que las piezas de madera pasaran por la despuntadora y canteadora de corta, y fueron clasificadas según la Tabla 2.

**Tabla 2.** Clasificación de madera aserrada.

| Categoría | Tipo | Dimensiones | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Espesor | Ancho(a) | Largo | Tolerancias |
| **Comercial** | Comercial (C) | ≥ 25.4mm o ≥ 1” | > 15.24cm o > 6” | > 1.83m o > 6´ | A= ± 2.54 cm A=±1`,máximo |
| **Recuperación** | Larga angosta (LA) | ≥ 25.4mm o ≥ 1” | ≤ 12.70cm o ≤ 5” | ≥ 1.83m ≥ 6´ | Incluye albura |
| | Corta (CO) | ≥ 25.4mm o ≥ 1” | ≥ 2.54cm ≥ 1” | ≤ 1.52m ≤ 5´ | Incluye albura |

**Fuente**: Serfor (2008)

### 3.5.6 Procesamiento de datos

#### 3.5.6.1 Cubicación de trozas

Para calcular el volumen de cada troza, se utilizó la fórmula desarrollada por ***Smalian*** y recomendada por Serfor (2008), para realizar estudios de rendimiento en madera aserrada.

$$V_{troza} = \pi \times \frac{(D^2 + d^2)}{8} \times L$$

$V_{troza}$ = Volumen de la troza
$D$ = Diámetro mayor (m)
$d$ = Diámetro menor (m)
$L$ = Longitud (m)

#### 3.5.6.2 Cubicación de madera aserrada

Para calcular el volumen de cada pieza de madera de categoría comercial y de recuperación se empleó la fórmula recomendada por Serfor (2008), para realizar estudios de rendimiento en madera aserrada.

$$V_{aserrada} = \sum v_i = V_i = \frac{e \times a \times l}{100000}$$

$Vi$ = Volumen (m3)
$e$ = Espesor (mm)
$a$ = Ancho (cm)
$l$ = Longitud (m)

#### 3.5.6.3 Cálculo del coeficiente de aserrío

Para obtener el coeficiente de aserrío ***(Ca)*** de la troza a madera aserrada, se aplicó la siguiente relación, recomendada por BOLFOR (1997).

$$\boldsymbol{Ca = \frac{V_{aserrada}}{V_{troza}}}$$

## 3.6 TRATAMIENTO DE DATOS

Los datos procesados en Excel, fueron sometidos a varios análisis estadísticos a fin de conseguir los objetivos de la investigación.

### 3.6.1 Análisis de Varianza de un factor ($ANVA_1$)

Para determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de los rendimientos en madera aserrada, por grados de calidad de las trozas de *Ceiba samauma* (huimba negra), se realizó el análisis de varianza de un factor, siendo las características lo siguiente:

Factor: Calidad de trozas

Tratamientos: Calidad de trozas I, II y III.

Tamaño de la muestra: Diferentes

Variable de estudio: Rendimiento de madera aserrada en %

### 3.6.2 Prueba de Tukey – Kramer

Como el $ANVA_1$ mostró que existe diferencias significativas entre los rendimientos en aserrío por grado de calidad de trozas (Calidad I,II y III), se realizó la Prueba de Tukey - Kramer, con un nivel de significancia del 95% (0,05).

Para determinar el valor del comparador de Tukey – Kramer, se utilizó la siguiente expresión:

$$W_{ijk} = q\ x \sqrt{\frac{CME}{2}\left[\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_j}\right]}$$

Donde

$W_{ijk}$ = Comparador para el tratamientos

$Q$ = Valor de la tabla de Tukey, con n tratamientos y grados de libertad del error
$CME$ = Cuadrado medio del error
$r_i$, $r_j$, = Son las repeticiones de los tratamientos

Se determinó el valor de la diferencia entre la los promedios y dichas diferencias se comparó con el comprador ($W_{ijk}$); si la diferencia entre dos promedios es mayor que el comprador ($W_{ijk}$), se concluyó que los dos promedios no son iguales, en caso contrario se concluyó que sí son similares.

### 3.6.3 Análisis de correlación y regresión

Con la finalidad de conocer si existe un grado de asociatividad entre las siguientes variables:

X : Volumen de madera aserrada comercial por grado de calidad

Y : Volumen de madera aserrada de recuperación por grado de calidad

X : volumen de trozas

Y : Volumen de madera aserrada

# CAPITULO IV

# RESULTADOS Y DISCUSION

## 4.1 DEFECTOS FRECUENTES EN LAS TROZAS DE HUIMBA NEGRA.

La tabla 3 muestra de manera general los principales defectos y su clasificación respectiva de las 43 trozas de *Ceiba samauma* (huimba negra).

**Tabla 3.** Defectos frecuentes en las trozas de huimba negra.

| Variables de Defectos | Clasificación de calidad | N° de trozas | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|
| Forma de sección | Circular | 6 | 14 |
| | Ovalada | 14 | 33 |
| | Irregular | 23 | 53 |
| Conicidad | Cilíndrica | 38 | 88 |
| | Semicilíndrica | 5 | 12 |
| | Ahusada | 0 | 0 |
| Rectitud | Derecha | 16 | 37 |
| | Semisinuosa | 14 | 33 |
| | Sinuosa y torcida | 13 | 30 |
| Rajadura | No presenta | 37 | 86 |
| | Solo 1 | 5 | 12 |
| | Más de 1 | 1 | 2 |
| Abultamiento | No presenta | 30 | 70 |
| | Solo 1 | 8 | 19 |
| | Más de 1 | 5 | 12 |
| Ataque de Insectos | No presenta | 4 | 9 |
| | Ligero | 24 | 56 |
| | Presenta | 15 | 35 |
| Mancha o pudrición | No presenta | 6 | 14 |
| | Solo mancha | 22 | 51 |
| | Pudriciones y mancha | 15 | 35 |

### 4.1.1 Forma de sección de trozas

La Tabla 3 y la Figura 1 se aprecia al defecto forma de sección, en el que predomina las trozas con sección irregular con el 53 %, seguido

de la sección ovalada con un 33% y con sección circular el 14 % del total de trozas.

Estos porcentajes son diferentes a lo encontrado por Vela (2014), quien observó que las trozas de *Dipteryx micrantha* (Shihuahuaco), el 66,67% de las trozas fueron de forma cilíndrica, mientras que el 28,57% de las trozas tuvieron una forma irregular, especialmente aquellas provenientes de la parte baja del tronco del árbol.

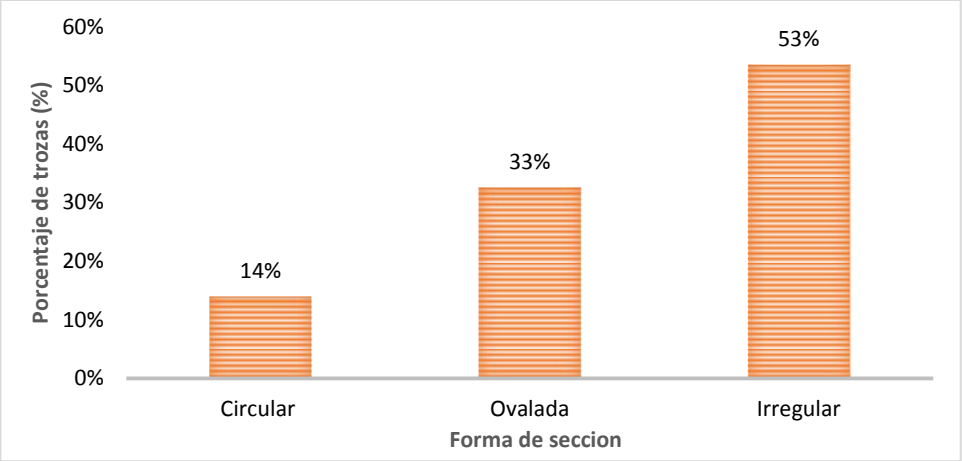



**Figura 1.** Distribución porcentual de la forma de sección de las trozas de Huimba negra.

### 4.1.2 Conicidad de trozas

En la tabla 3 y figura 2 ponen en evidencia la conicidad de las trozas, donde se aprecian que el 88% fueron cilíndricas, el 12 % presentaron ligera conicidad convirtiéndolas en semicilíndrica y ninguna troza (0%) presenta un ahusamiento significativo, por lo tanto las trozas de huimba negra presentaron baja conicidad (predominantemente cilíndrica), esta característica es similar en la especie *Aspidosperna macrocarpon* (Pumaquiro), *Myroxilon balsamun* (Estoraque) y *Aniba amazónica* (moena amarilla), así lo indica la CPM (2008).

Para entender la influencia de esta característica, se cita a (Luna, y otros, 2012), quienes mencionan que a medida que aumenta la conicidad de las trozas (de cilíndrica a ahusada), disminuye el rendimiento.

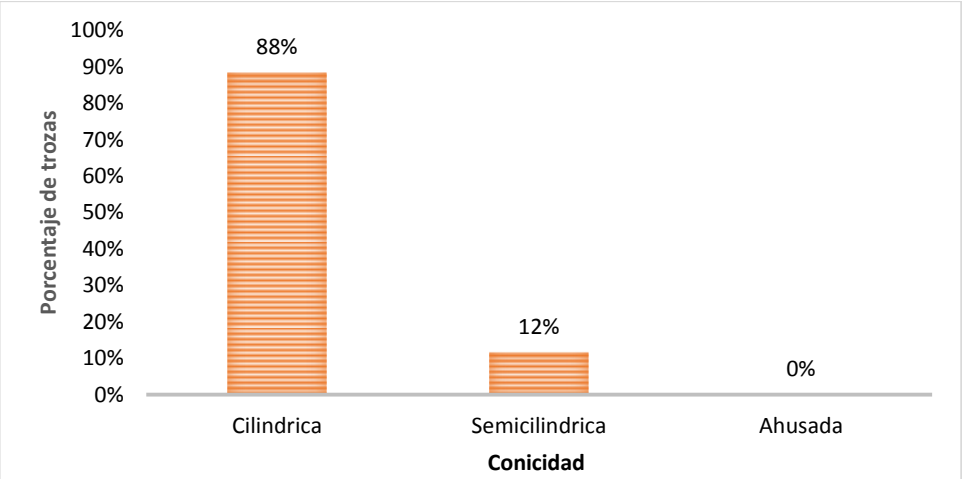



**Figura 2:** Distribución porcentual de la conicidad de trozas de Huimba negra.

### 4.1.3 Rectitud de trozas

En cuanto a la rectitud de las trozas de huimba negra, la tabla 3 y la figura 3 muestran que el 37 % de las trozas fueron rectas, mientras que el 33% fueron semisinuosas y finalmente el 30 % presentaron una rectitud sinuosa – torcida, concluyendo que la especie posee una gran variabilidad en cuanto a la rectitud.

Los datos difieren a lo encontrado por (Espiritu & Soto, 2011), quienes afirman que las trozas *Virola sp* (cumala), son de rectitud recta en un 86,4%, mientras que un 13,6% son semicurvadas. Por otro lado Reyes (2007), estipuló un 11% de trozas torcidas de *Copaifera officinalis* (Copaiba), además manifiesta que este defecto genera madera tensionada y comprimida, la cual manifiesta sus problemas en los procesos de aserrío y secado. Almeida (2012), afirma que el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío, es afectado por la longitud de las trozas, así lo demuestra (Luna, y otros, 2012), quienes en su estudio de investigación encontraron que a medida que la longitud de la troza aumenta, disminuye el rendimiento debido al efecto de la forma de la troza, puesto que a mayor largo es más probable que la troza se encorve y pierda la rectitud, ocasionando problemas para encontrar la adecuada geometría del aserrío.

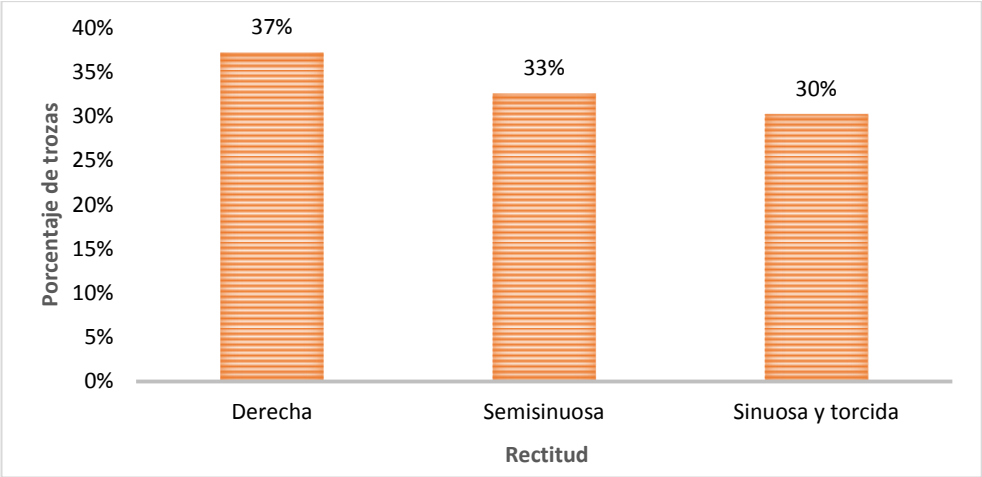



**Figura 3.** Distribución porcentual de la rectitud de trozas de Huimba negra.

### 4.1.4 Rajadura de trozas.

La tabla 3 y la figura 4 pone en evidencia que las trozas de huimba negra, el 86% no presentaron rajaduras, una rajadura el 12% y más de una rajadura el 2%, los datos demuestran que la especie no es susceptible a acciones mecánicas o la exposición al sol que puedan producir las rajaduras.

El porcentaje de rajaduras (14%), es igual (14,28%) a lo encontrado por Vela (2014) en el estudio de trozas de *Dipteryx micrantha,* pero diferente al resultado de Reyes (2007), quien determinó un 83% de rajaduras en trozas de *Copaifera officinalis* (Copaiba).

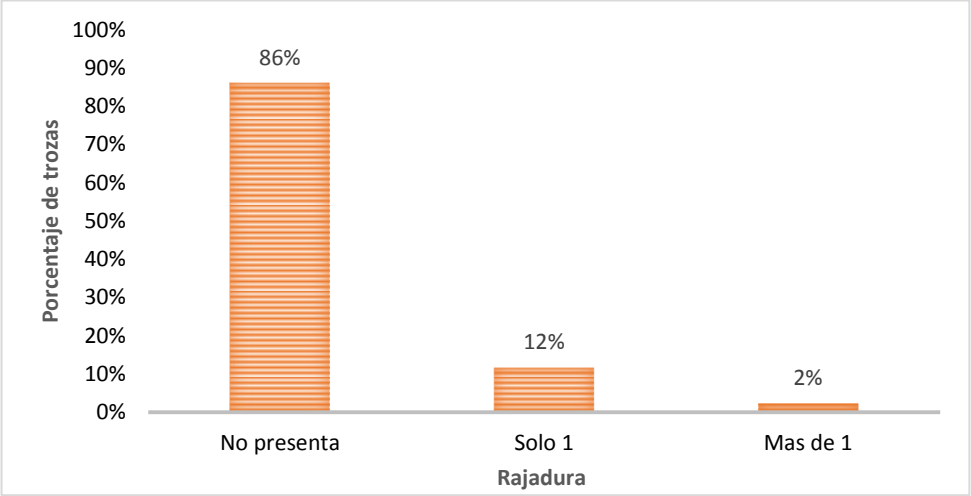



**Figura 4.** Distribución porcentual de las rajaduras en las trozas de Huimba negra.

### 4.1.5 Abultamiento de trozas.

Respecto a la presencia de abultamientos en las trozas, la tabla 3 y la figura 5 indican que el 70 % de las trozas de huimba negra no presentaron abultamiento y solo un abultamiento el 19 % y más de un abultamiento el 12 %, demostrando que la especie posee un bajo porcentaje de abultamientos en el fuste

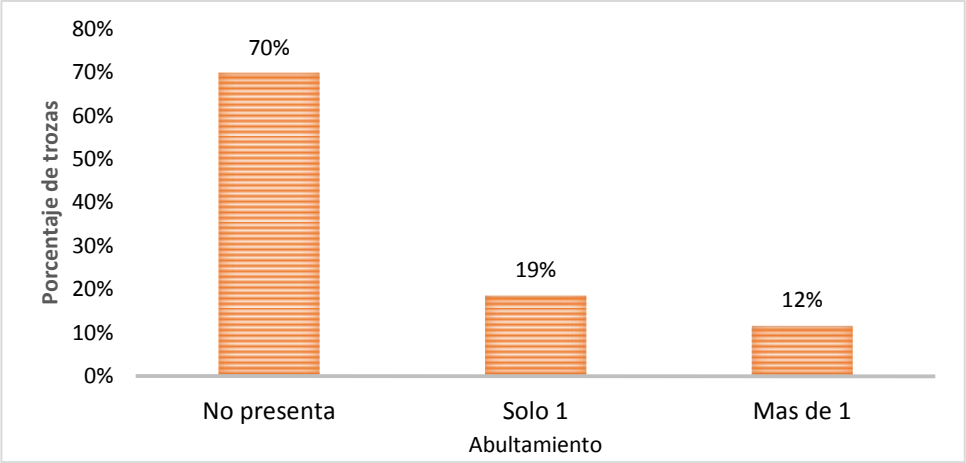



**Figura 5.** Distribución porcentual de Abultamientos en trozas de Huimba negra.

### 4.1.6 Ataque de insectos en trozas.

Por otra parte, en la tabla 3 y la figura 6, los defectos causados por insectos indican, indican que solo el 9% de las trozas no presentaron ataque de insectos, un 56% tuvo un ligero ataque y 35 % presentó un ataque absoluto de insectos. Demostrando que la especie es susceptible al ataque de insectos.

Por el contrario en el estudio realizado por (Muños, 2013), determinó que las trozas de *Calycophyllum spruceanum*, presentaron 0% de ataque de insectos, en la misma línea y para la misma especie (Videyra, 2018), encontró 0% de ataque de insectos. En el estudio de *Hymenea palustrís* (Azúcar huayo), (Peña, 2008) encontró que existió 0% de ataques a las trozas de la mencionada especie. Es necesario mencionar que estas especies son de alta (0,76 gr/cm$^3$ y 0,62 gr/cm$^3$), mientas que la huimba negra una densidad media de 0.57 gr/cm$^3$, lo que le convierte en una especie susceptible al ataque de agentes biológicos.

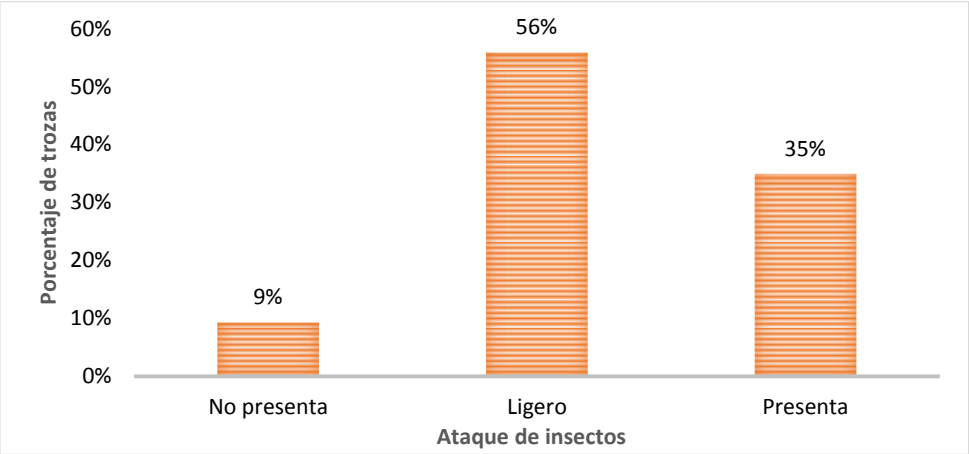



**Figura 6.** Distribución porcentual de ataque de insectos en trozas de huimba negra.

### 4.1.7 Manchas o pudrición en trozas.

En la tabla 3 y la figura 7 se aprecia que el 14% de las trozas no presentaron ataque de hongos cromógenos (mancha), mientras que el 51% todo lo contrario, finalmente existió un ataque de hongos e insectos que provocaron pudrición y manchas en 35% de las trozas.

Los resultado de Vela (2014), difieren al mencionar que las trozas de *Dipteryx micrantha* (Shihuahuaco), presentaron un 14, 28% de ataque de insectos, mientras que de Peña (2008) para *Hymenea palustrís* (Azúcar huayo), las trozas presentaron un 5% de ataque de hongos. Bajo lo descrito se puede afirmar que la especie huimba negra es moderadamente susceptible al ataque de hongos e insectos, que pueden afectar el rendimiento en madera aserrada de la especie, afirmación que es validada la CPM (2008).

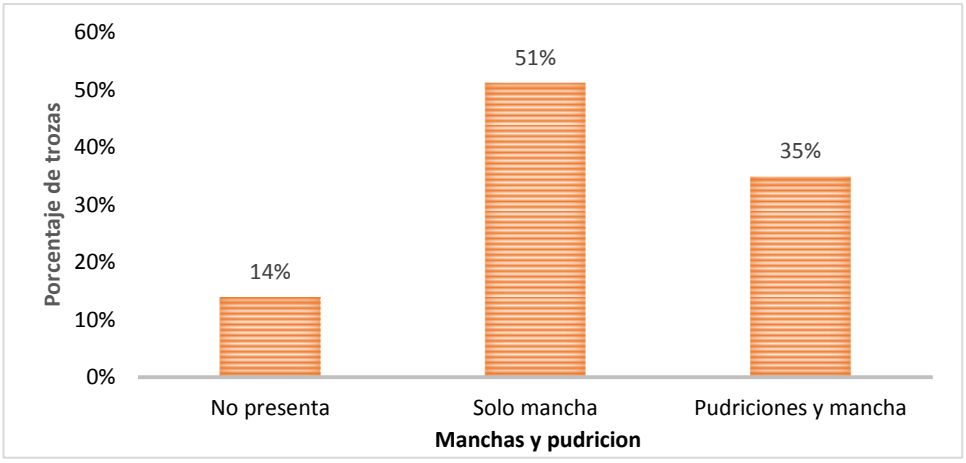



**Figura 7.** Distribución porcentual de manchas o pudriciones en trozas de huimba negra.

## 4.2 CLASIFICACION Y DEFECTOS MÁS FRECUENTES POR GRADO DE CALIDAD DE TROZAS

De acuerdo al grado de calidad predominaron las trozas de segunda con 37.21%, seguido por las de tercera con 35,56% y finalmente las trozas de primera con 30.23%.

**Tabla 4:** Distribución porcentual de las trozas por grado de calidad

| Grado de calidad | N° de troza | Porcentaje (%) |
|---|---|---|
| **Primera (I)** | 13 | 30.23 |
| **Segunda (II)** | 16 | 37.21 |
| **Tercera (III)** | 14 | 35.56 |
| **Total** | 43 | 100 |

La tabla 5 muestra los defectos más frecuentes por grado de calidad en las trozas de *Ceiba samauma* (huimba negra).

**Tabla 5.** Defectos frecuentes en las trozas de huimba negra por grado de calidad.

| Variables de defectos | Clasificación de calidad | Grado de calidad de trozas | | | | | | Total de trozas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | | II | | III | | |
| | | Nº | % | Nº | % | Nº | % | |
| **Forma de sección** | Circular | 6 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| | Ovalada | 3 | 23 | 11 | 69 | 0 | 0 | 14 |
| | Irregular | 4 | 31 | 5 | 31 | 14 | 100 | 23 |
| **Conicidad** | Cilíndrica | 13 | 100 | 14 | 88 | 11 | 79 | 38 |
| | Semicilíndrica | 0 | 0 | 2 | 13 | 3 | 21 | 5 |
| | Ahusada | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Rectitud** | Derecha | 12 | 92 | 3 | 19 | 1 | 7 | 16 |
| | Semisinuosa | 1 | 8 | 12 | 75 | 1 | 7 | 14 |
| | Sinuosa y torcida | 0 | 0 | 1 | 6 | 12 | 86 | 13 |
| **Rajadura** | No presenta | 13 | 100 | 15 | 94 | 9 | 64 | 37 |
| | Solo 1 | 0 | 0 | 1 | 6 | 4 | 29 | 5 |
| | Más de 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 1 |
| **Abultamiento** | No presenta | 12 | 92 | 11 | 69 | 7 | 50 | 30 |
| | Solo 1 | 0 | 0 | 5 | 31 | 3 | 21 | 8 |
| | Más de 1 | 1 | 8 | 0 | 0 | 4 | 29 | 5 |
| **Ataque de** | No presenta | 4 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Insectos** | Ligero | 8 | 62 | 15 | 94 | 1 | 7 | 24 |
| | Presenta | 1 | 8 | 1 | 6 | 13 | 93 | 15 |
| **Mancha o pudrición** | No presenta | 3 | 23 | 1 | 6 | 2 | 14 | 6 |
| | Solo mancha | 9 | 69 | 10 | 63 | 3 | 21 | 22 |
| | Pudriciones y manchas | 1 | 8 | 5 | 31 | 9 | 64 | 15 |

### 4.2.1 Trozas de primera calidad

En la tabla 6 se aprecia los principales defectos que predominan en las trozas de *Ceiba samauma* (huimba negra) y que lo convierte en trozas de primera calidad, la forma de sección es circular en un 46%, la conicidad que en su totalidad es cilíndrica representada por un 100%, además posee una rectitud derecha en un 92%, no presentan rajaduras en un 100%, no presentan abultamiento en un 92%, finalmente es importante resaltar que las trozas estudiadas clasificadas como primera calidad, presentaron un ligero ataque de insectos en un 62% del total de trozas, asimismo de hongos cromógenos que provocaron manchas en un 69 % de las mismas, lo que demuestra la susceptibilidad de las trozas al ataque de hongos e insectos.

**Tabla 6.** Defectos predominantes en trozas de primera calidad de huimba negra.

| Variables de Defectos | Clasificación de calidad | Trozas (%) |
|---|---|---|
| **Forma de sección** | Circular | 46 |
| **Conicidad** | Cilíndrica | 100 |
| **Rectitud** | Derecha | 92 |
| **Rajadura** | No presenta | 100 |
| **Abultamiento** | No presenta | 92 |
| **Ataque de insectos** | Ligero | 62 |
| **Mancha o pudrición** | Solo mancha | 69 |

### 4.2.2 Trozas de segunda calidad

La tabla 7 pone en evidencia que las trozas de segunda calidad de *Ceiba samauma* (huimba negra).el 69 % presentan sección Ovalada, 88% una conicidad cilíndrica, por otro lado el 75% de trozas presentaron una rectitud semisinuosa, la clasificación de rajadura y abultamiento es similar a la encontrado en trozas de primera calidad, ya que se encontró que no presentaron rajaduras en un 94 % como tampoco abultamientos en 69 %. Por otra parte en las trozas predominaron ligeros ataques de insectos en un 94%, de la misma forma la presencia de hongos cromógenos en un 63%, esta clasificación es similar a lo encontrado en la primera calidad, lo que respalda la afirmación de que la especie es susceptible al ataque de hongos e insectos.

**Tabla 7.** Defectos predominantes en trozas de segunda calidad de huimba negra.

| Variables de Defectos | Clasificación de calidad | Trozas (%) |
|---|---|---|
| **Forma de sección** | Ovalada | 69 |
| **Conicidad** | Cilíndrica | 88 |
| **Rectitud** | Semisinuosa | 75 |
| **Rajadura** | No presenta | 94 |
| **Abultamiento** | No presenta | 69 |
| **Ataque de insectos** | Ligero | 94 |
| **Mancha o pudrición** | Solo mancha | 63 |

### 4.2.3 Trozas de calidad tercera

En la tabla 8 se aprecia los principales defectos que predominan en las trozas de *Ceiba samauma* (huimba negra) y que lo convierte en trozas de tercera calidad, la forma de sección fue irregular en un 100%, la conicidad predominante fue cilíndrica representada por un 79% (característica predominante presente en las tres calidades de trozas), asimismo las trozas presentaron una rectitud sinuosa y torcida en un 86%, no presentan rajaduras en un 64%, como tampoco abultamiento en un 50%, el ataque de insectos es ligero en un 93% y presentan pudriciones y manchas en un 69%.

**Tabla 8.** Defectos predominantes en trozas de tercera calidad de trozas de huimba negra.

| Variables de Defectos | Clasificación de calidad | Trozas (%) |
|---|---|---|
| **Forma de sección** | Irregular | 100 |
| **Conicidad** | Cilíndrica | 79 |
| **Rectitud** | Sinuosa y torcida | 86 |
| **Rajadura** | No presenta | 64 |
| **Abultamiento** | No presenta | 50 |
| **Ataque de insectos** | Presenta | 93 |
| **Mancha o pudrición** | Pudriciones y mancha | 64 |

## 4.3 RENDIMIENTO EN ASERRÍO SEGÚN EL GRADO DE CALIDAD DE TROZAS

### 4.3.1 Rendimiento en aserrío de trozas de primera calidad

**Tabla 9.** Rendimiento en aserrío de trozas de primera calidad

| Nº troza | Calidad troza | Volumen Troza (m3) | Vol. Aserrado (m3) | | Rendimiento (%) | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Comer | Recup | Comer | Recup | |
| **1** | I | 2,442 | 0,688 | 0,359 | 28,17 | 14,71 | 42,88 |
| **2** | I | 1,987 | 0,714 | 0,306 | 35,96 | 15,42 | 51,37 |
| **3** | I | 3,844 | 1,620 | 0,540 | 42,14 | 14,06 | 56,20 |
| **4** | I | 3,013 | 1,376 | 0,289 | 45,68 | 9,59 | 55,27 |
| **5** | I | 3,868 | 1,276 | 0,751 | 32,98 | 19,42 | 52,40 |
| **6** | I | 1,947 | 0,711 | 0,219 | 36,50 | 11,26 | 47,77 |
| **7** | I | 3,768 | 1,481 | 0,417 | 39,31 | 11,05 | 50,36 |
| **8** | I | 2,054 | 0,779 | 0,334 | 37,93 | 16,28 | 54,21 |
| **9** | I | 3,528 | 1,272 | 0,453 | 36,04 | 12,84 | 48,88 |
| **10** | I | 1,971 | 0,605 | 0,222 | 30,71 | 11,27 | 41,98 |
| **11** | I | 3,022 | 1,412 | 0,316 | 46,72 | 10,46 | 57,18 |
| **12** | I | 2,746 | 0,887 | 0,556 | 32,29 | 20,23 | 52,52 |
| **13** | I | 3,247 | 1,142 | 0,660 | 35,17 | 20,32 | 55,49 |
| **Promedio** | | 2,880 | 1,074 | 0,417 | 36,89 | 14,38 | 51,27 |
| **Des. Estándar** | | 0,716 | | | 5,29 | 3,63 | 4,64 |
| **C.V (%)** | | 25,90 | | | 14,92 | 26,25 | 9,05 |

En la tabla 9, se observa el volumen de trece trozas de *Ceiba samauma* (huimba negra), expresadas en metros cúbicos ($m^3$) y el rendimiento de madera aserrada comercial y de recuperación expresada en porcentaje (%). La madera comercial obtuvo un rendimiento promedio de 36.89 %, con una desviación estándar de 5,29%, de la misma forma el promedio de rendimiento para madera de recuperación es de 14,38%, con una desviación estándar de 3,63%. Mientas que el promedio final de rendimiento de madera aserrada de trozas de primera calidad corresponde a un 51,27%, con una desviación estándar del 4,64%, que nos indica la probabilidad de obtener de una troza de primera calidad un 4,64% más o menos de madera aserrada en función del promedio (51,27%), mientras que el coeficiente de variación, la tabla 8, nos refiere que existe una mayor dispersión de datos de madera de recuperación frente a lo encontrado para la madera de comercial.

Es necesario mencionar que no se reportan estudios de rendimiento por calidad de trozas en el Perú, sin embargo existen investigaciones relacionados al diámetro de las especies, así lo manifiesta Quispe (2011), quien determinó que el rendimiento para *Brosimun utile* (leche caspi) de clase dimétrico (cm) comprendida en 60-70, fue de 25,43%, mientras que Gonzales & Solorzano (2014), determinaron un rendimiento 32%, para trozas comprendidas entre diametros de 81-95 y 96-110 cm. Demostrando que en comparación con el estudio, no solo basta con procesar diametros mayores, sino se tiene que considerar otros factores.

**Relación entre los volúmenes de la madera aserrada larga comercial y de recuperación en trozas de primera calidad.**

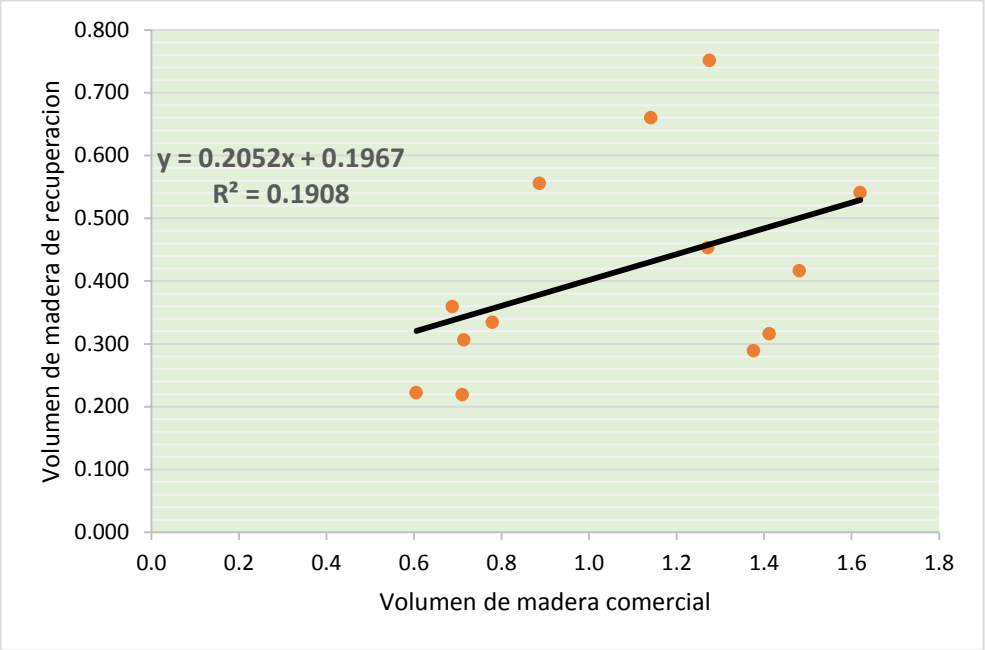



**Figura 8.** Relación entre el rendimiento de madera aserrada comercial y de recuperación en trozas de la calidad I.

**Tabla 10.** Análisis de correlación y regresión entre el rendimiento de madera comercial y de recuperación en trozas de la calidad I.

| Variables | n | Ecuación | r | $r^2$ x100 | $r_{criticó}$ | Nivel signific, |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vol. aserrado de madera comercial vs volumen de recuperación | 13 | Y=0,2052X +0,1967 | 0.437 | 19.2 | 0.476 | *-. |

En la tabla 10 y figura 8. Se aprecia que no existe una relación entre el volumen de madera aserrada larga comercial y el de recuperación de la *Ceiba samauma* (huimba negra), ya que dicha relación presenta un coeficiente de determinación de 19.2%. Esta inexistente relación probablemente se explica, que al tener trozas de primera calidad existe un mayor volumen de madera aserrada comercial, y gran variabilidad de madera de recuperación. Para entender cierta independencia de variables citamos (Maury, 2010), quien determinó que no existe relación entre el factor de aserrío (0,653) y la longitud de trozas de *Eucalyptus globulus.*

### 4.3.2 Rendimiento en aserrío de trozas de segunda calidad

**Tabla 11.** Rendimiento en aserrío de trozas segundad calidad

| Nº troza | Calidad troza | Volumen troza (m3) | Vol. aserrado (m3) | | Rendimiento (%) | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Comer | Recup | Comer | Recup | |
| 14 | II | 3,840 | 1,490 | 0,425 | 38,80 | 11,08 | 49,88 |
| 15 | II | 3,245 | 1,294 | 0,478 | 39,88 | 14,75 | 54,62 |
| 16 | II | 2,406 | 0,781 | 0,431 | 32,47 | 17,89 | 50,37 |
| 17 | II | 3,269 | 1,154 | 0,683 | 35,29 | 20,89 | 56,18 |
| 18 | II | 3,805 | 1,714 | 0,532 | 45,04 | 13,98 | 59,02 |
| 19 | II | 2,969 | 0,792 | 0,392 | 26,68 | 13,21 | 39,88 |
| 20 | II | 3,395 | 0,561 | 0,461 | 16,53 | 13,58 | 30,11 |
| 21 | II | 3,789 | 0,582 | 0,586 | 15,37 | 15,47 | 30,83 |
| 22 | II | 1,919 | 0,635 | 0,304 | 33,09 | 15,86 | 48,95 |
| 23 | II | 2,317 | 0,258 | 0,182 | 11,12 | 7,86 | 18,98 |
| 24 | II | 1,967 | 0,360 | 0,253 | 18,32 | 12,87 | 31,19 |
| 25 | II | 1,963 | 0,522 | 0,313 | 26,58 | 15,96 | 42,54 |
| 26 | II | 1,874 | 0,545 | 0,228 | 29,06 | 12,18 | 41,24 |
| 27 | II | 2,746 | 0,788 | 0,496 | 28,70 | 18,07 | 46,77 |
| 28 | II | 3,524 | 0,948 | 0,500 | 26,91 | 14,18 | 41,09 |
| 29 | II | 2,258 | 0,582 | 0,387 | 25,79 | 17,14 | 42,92 |
| Promedio | | 2,830 | 0,813 | 0,416 | 28,10 | 14,69 | 42,79 |
| Des. Estándar | | 0,734 | | | 9,41 | 3,09 | 10,84 |
| C.V (%) | | 25,95 | | | 33,49 | 21,04 | 25,34 |

En la Tabla 11, se puede observar el número y el volumen de 16 trozas de *Ceiba samauma* (huimba negra) de trozas expresadas en metros cúbicos ($m^3$) y el rendimiento de madera aserrada comercial y de recuperación expresada en metros cúbicos y porcentaje (%). La madera comercial se obtuvo un rendimiento promedio de 28.10 %, con una desviación estándar de 9,41%, de la misma forma el promedio de rendimiento para madera de recuperación es de 14,69%, con una desviación estándar de 3,09%. El promedio de rendimiento de madera aserrada de trozas de segunda calidad corresponde a un 42,79%, con una desviación estándar del 10,84 %.

Zavala & Hernandez (2000), afirman que la calidad de la madera aserrada decrece con la calidad de las trozas y que el rendimiento de aserrío se reduce con el aumento de los defectos de las trozas. Así se manifiesta ya que el rendimiento de la calidad II es menor que la calidad I, así también lo manifiestan Quispe (2011), para la especie *Brosimun utile* (leche caspi) de clase diametrica (cm) comprendida en 50-60, que fue de 21,77%, y Gonzales & Solorzano (2014), quien determinaron un rendimiento 30%, para trozas comprendidas entre diametros de 66-80 cm de la especie *Manilkara bidentata* (Quinilla).

**Relación entre el volumen de madera aserrada comercial y de recuperación en trozas de segunda calidad.**

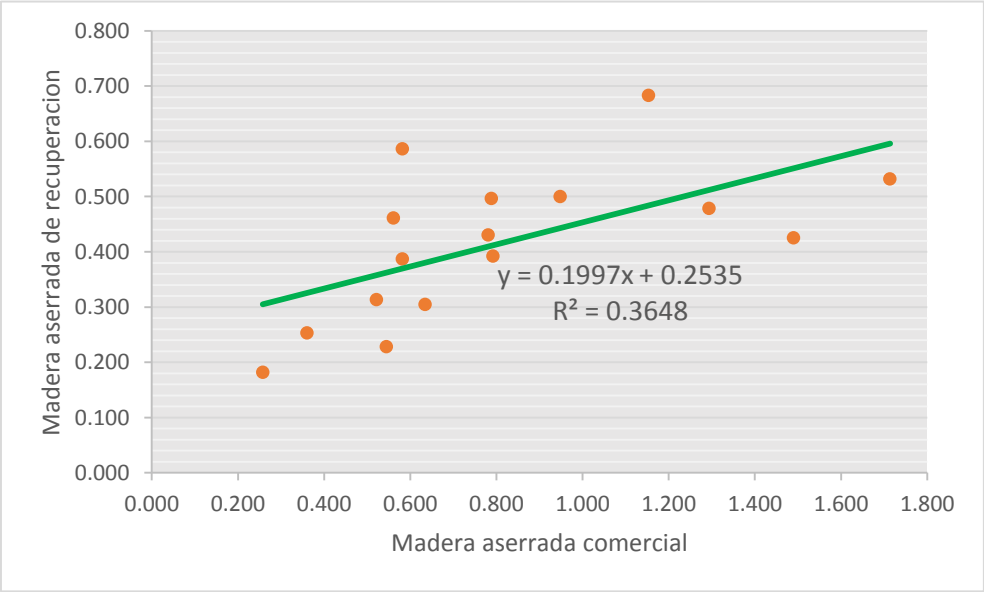



**Figura 9.** Relación entre el rendimiento de madera comercial y de recuperación resultantes de trozas de la calidad II.

**Tabla 12.** Análisis de correlación y regresión entre el rendimiento de madera comercial y de recuperación en trozas de la calidad II.

| Variables | n | Ecuación | r | $r^2$ x100 | $r_{criti.}$ | Nivel signifi, |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vol. aserrado de madera comercial vs volumen de recuperación | 16 | Y=0,1998X+ 0,2535 | 0.604 | 36.5 | 0.426 | * |

* = *Significativo* (*p<0.05*); ** = *Altamente significativo.* (*p<0.001*).

La tabla 12 y figura 9. Indica que existe una relación directa entre el volumen de madera comercial y el volumen de madera de recuperación. El coeficiente de determinación ($r^2$), concluye que aproximadamente el 36.5% del rendimiento de la madera recuperación, depende del volumen de madera comercial, y el 63,5% depende de otros factores.

Entre estos, otros factores podrían mencionarse al diámetro de la troza, ya que Almeida (2012), indica que a medida que el diámetro es mayor también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío. El diámetro es uno de los factores más influyente en el rendimiento, así lo demuestra Maury (2010), quien menciona que el diámetro de la troza de *Eucalyptus globulus,* tiene una relación significativa con el rendimiento de las especie.

### 4.3.3 Rendimiento en madera aserrada de trozas de tercera calidad

**Tabla 13.** Rendimiento en aserrío de trozas tercera calidad.

| Nº troza | Calidad troza | Volumen troza (m3) | Vol. aserrado (m3) | | Rendimiento (%) | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Comer | Recup | Comer | Recup | |
| **30** | III | 3,039 | 0,559 | 0,567 | 18,40 | 18,65 | 37,05 |
| **31** | III | 1,947 | 0,281 | 0,210 | 14,41 | 10,77 | 25,18 |
| **32** | III | 2,001 | 0,372 | 0,470 | 18,59 | 23,48 | 42,08 |
| **33** | III | 3,911 | 0,960 | 0,714 | 24,54 | 18,27 | 42,80 |
| **34** | III | 1,945 | 0,413 | 0,267 | 21,26 | 13,72 | 34,97 |
| **35** | III | 3,849 | 1,262 | 0,500 | 32,79 | 12,99 | 45,79 |
| **36** | III | 1,931 | 0,350 | 0,256 | 18,14 | 13,27 | 31,41 |
| **37** | III | 2,429 | 0,279 | 0,558 | 11,49 | 22,95 | 34,45 |
| **38** | III | 3,780 | 0,779 | 0,861 | 20,60 | 22,78 | 43,39 |
| **39** | III | 1,956 | 0,222 | 0,129 | 11,37 | 6,62 | 17,99 |
| **40** | III | 3,269 | 0,859 | 0,547 | 26,27 | 16,72 | 42,99 |
| **41** | III | 2,753 | 0,687 | 0,446 | 24,94 | 16,20 | 41,14 |
| **42** | III | 3,669 | 1,288 | 0,510 | 35,10 | 13,89 | 49,00 |
| **43** | III | 2,252 | 0,312 | 0,382 | 13,86 | 16,96 | 30,82 |
| **Promedio** | | 2,766 | 0,616 | 0,458 | 20,84 | 16,23 | 37,08 |
| **D. Estándar** | | 0,800 | | | 7,30 | 4,84 | 8, 57 |
| **C.V (%)** | | 28,91 | | | 35,00 | 29,82 | 23,12 |

En la Tabla 13, se puede observar el N° de trozas expresadas en metros cúbicos ($m^3$) y el rendimiento de madera aserrada comercial y de recuperación expresada en metros cúbicos y porcentaje (%). En madera comercial se obtuvo un rendimiento promedio de 20.84% con una desviación estándar de 7,30%, de la misma forma el promedio de rendimiento para madera de recuperación es de 16,23%, con una desviación estándar de 4,84%. El promedio de rendimiento de madera aserrada de trozas de tercera calidad corresponde a un 37,08%, con una desviación estándar del 8,57%.

El rendimiento de trozas de tercera calidad es mayor a lo encontrado por Gonzales & Solorzano (2014), quienes determinaron un rendimiento de 23%, para trozas de quinilla, comprendidas en diámetros de 36-50 cm, y lo encontrado por Quispe (2011), en el estudio de trozas de *Brosimun utile*, de diámetros comprendido 40-50 cm, que arrojaron un rendimiento de 14,89%.

**Relación entre la madera aserrada larga comercial y de recuperación de trozas de tercera calidad.**

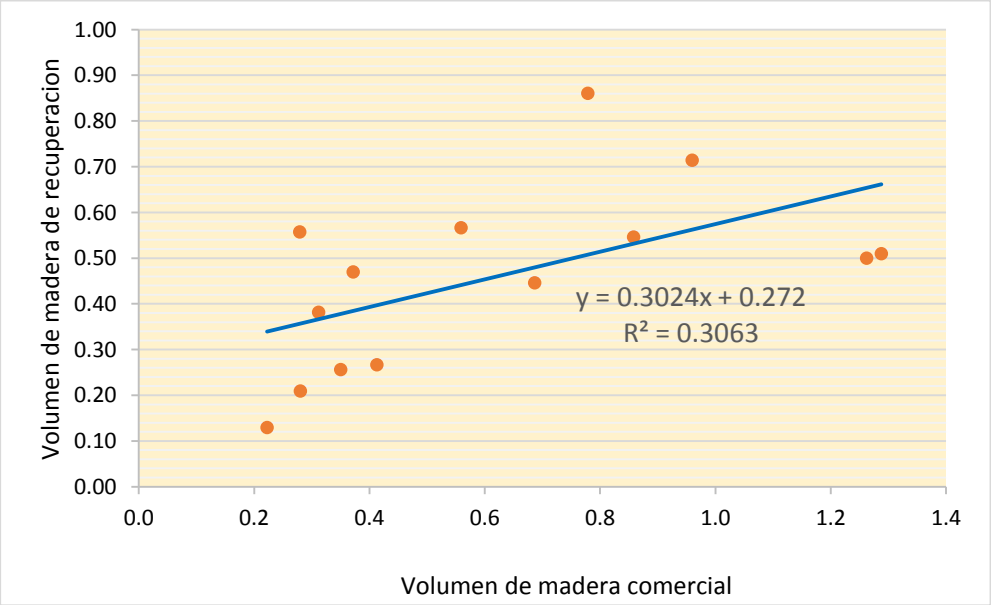



**Figura 10.** Relación entre el rendimiento de madera comercial y de recuperación resultantes de trozas de la calidad III.

**Tabla 14.** Análisis de correlación y regresión entre el rendimiento de madera aserrada comercial y de recuperación en trozas de la calidad III.

| Variables | n | Ecuación | r | $R^2$ x100 | $r_{critico}$ | Nivel signific, |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vol. aserrado de madera comercial vs volumen de recuperación | 14 | y = 0,3024x + 0,272 | 0,553 | 30.63 | 0.458 | * |

* = *Significativo* (*p<0.05*); ** = *Altamente significativo.* (*p<0.001*).

La tabla 14 y la figura 10, Indica que existe una relación directa entre el volumen de madera comercial y el volumen de madera de recuperación. El coeficiente de determinación ($R^2$), concluye que aproximadamente el 30.6% del rendimiento de la madera recuperación, depende del volumen de madera comercial, y el 69,37% depende de otros factores.

### 4.3.4 Influencia de los grados de calidad de trozas en el rendimiento de madera aserrada.

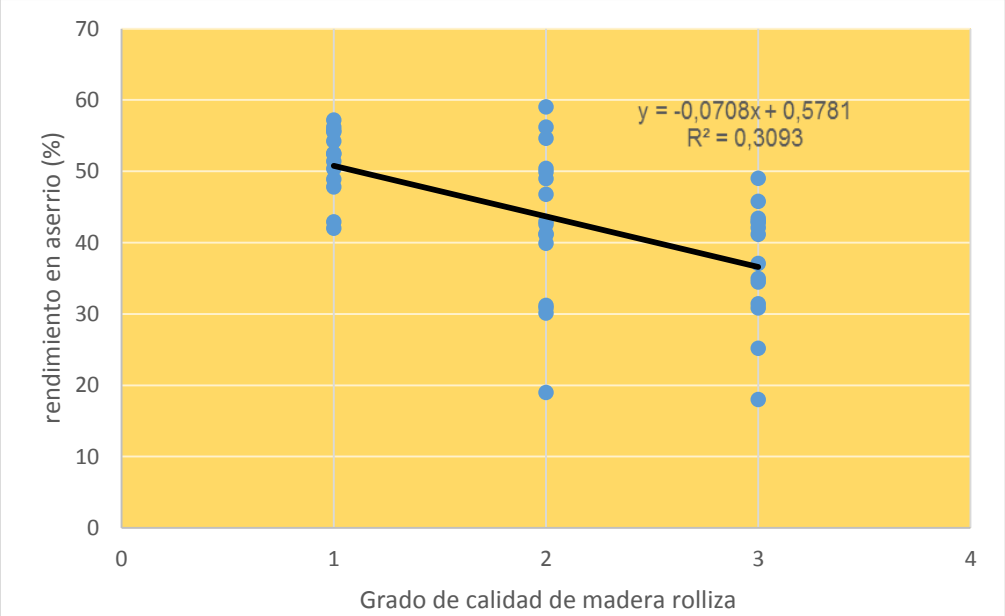



**Figura 11.** Relación entre los grados de calidad de las trozas y el rendimiento de madera aserrada.

**Tabla 15.** Análisis de correlación y regresión entre los grados de calidad de las trozas y el rendimiento de madera aserrada.

| Variables | n | Ecuación | r | $r^2$ x100 | $r_{citico}$ | Nivel signif. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Grado de calidad de troza vs rendimiento en aserrío** | 43 | y = -0,0708x + 0,5781 | 0.56 | 30.91 | $0.243^{*}$ $0.338^{**}$ | ** |

* = *Significativo* (*p<0.05*); ** = *Altamente significativo.* (*p<0.001*).

La tabla 15 y la figura 11, presentan la relación entre las variables grado calidad de las trozas de huimba negra y el rendimiento total en el aserrado, apreciándose que existe una relación altamente significativa, de tipo lineal, directamente proporcional, lo que indica que a medida que las trozas disminuyen en el grado de calidad, el rendimiento total también disminuye.

La calidad es un factor determinante en el rendimiento de una troza, así lo demostró Quispe (2011), quien determinó un fuerte asociación entre el rendimiento de trozas de *Brosimun utile* (leche caspi), y la calidad de trozas (diámetro, largo, torcedura, curvatura, pudrición). Asimismo para Maury (2010) otro factor que se relaciona significativamente es el diámetro, así lo demostró en el estudio del rendimiento de trozas de *Eucalyptus globulus.*

El coeficiente de determinación ($r^2$), concluye que aproximadamente el 30.91% del rendimiento de madera aserrada, depende de los grados de calidad de las trozas, y el 69,09% depende de otros factores. La ecuación Y= -0,0708x + 0,5781 permitirá predecir el rendimiento de madera aserrada a partir del grado de calidad de las trozas.

## 4.4 COEFICIENTE DE ASERRÍO POR GRADO DE CALIDAD DE TROZAS

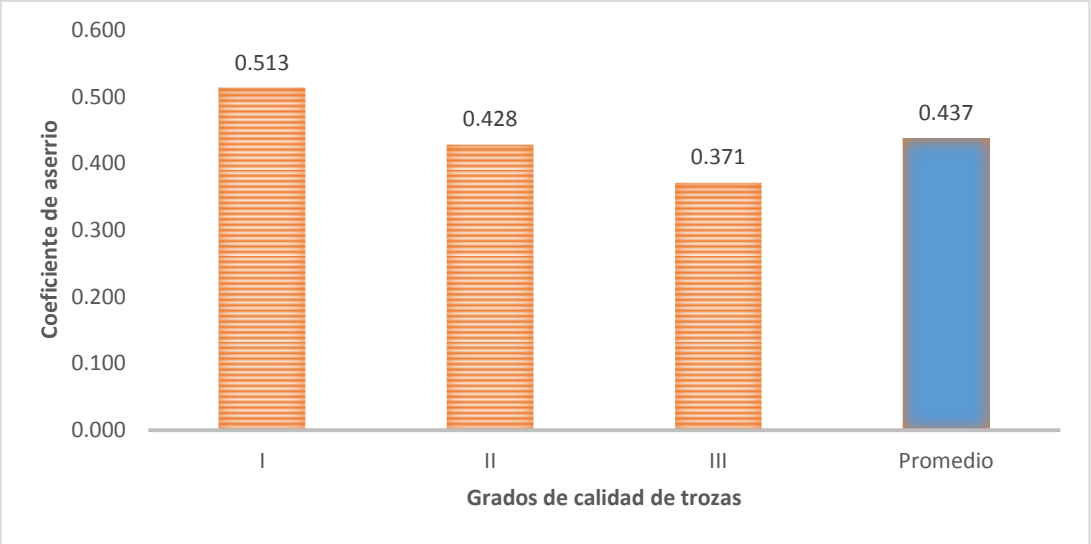



**Figura 12**. Coeficiente de aserrío según el grado de calidad de trozas.

En la Figura 12, se presentan el coeficiente de aserrío total (madera larga comercial + de recuperación) por grados de calidad de trozas de huimba negra. Para Quiroz (2005), el coeficiente de aserrío constituye un indicador de la tasa de utilización en el proceso de aserrío, lo cual permite estimar el volumen de madera aserrada resultante a partir del volumen de trozas.

La calidad I, presenta un coeficiente de aserrío de 0.513. Este valor es diferente a lo mostrado por (Gomez & Chinchilla, 2004), para trozas de melina de calidad “A” (con excelente rectitud, sin protuberancias), y de clase diametrica de 8,5 pulg, que obtuvieron un coeficiente de 0,7004. Por otra parte para Barrios, Martinez, Rabanales, & Juarez (2015), donde tuvo a la conicidad como variable de calidad para madera del genero *pinus*, determinó que la conicidad de trozas establecidas entre 0-1 cm/m, obtuvo un coeficiente de aserrío de 0,4926, valor por debajo de lo encontrado en el estudio.

Para la calidad II, la figura 12 presenta un coeficiente de 0,428 lo que, (Gomez & Chinchilla, 2004), encontraron que para trozas de calidad “B” de melina, con clase diametrica de 8,5 pulg, el coeficiente significo un 0,66. Mientras que para (Barrios, Martinez, Rabanales, & Juarez, 2015), el

coeficiente de aserrío de trozas de conicidad entre 2.1-3 cm/m fue de 0,4115, valor muy similar a lo encontrado por el estudio.

Mientras que para la calidad III, el estudio demuestra un coeficiente de 0,371, que es muy similar con lo encontrado por (Gomez & Chinchilla, 2004), en el estudio de rendimiento de trozas de clase "C", de melina con clase diametrica de 6,5 pulga, alcanzando un coeficiente de 0,3662, asimismo los investigadores (Barrios, Martinez, Rabanales, & Juarez, 2015), determinaron el coeficiente de aserrío para madera de genero *pinus*, con conicidad de 5.1-6 cm/m, fue de 0,1892.

El promedio para el coeficiente de aserrío encontrado en el estudio es de 0,437. En estudios de especies maderables que se comercializan en madera aserrada; Muñoz (2014) encontró un coeficiente de aserrio para capirona (*Calycophyllum spruceanun*) de 0,573, mientras Rivas (2007), determino un coeficiente para copaiba (*Copaifera officinalis*) de 0,586, asimismo Vela (2014), encontró un coeficiente para shihuahuaco (*Dipteryx micrantha*) de 0,4277, este ultimo valor se asemeja a lo encontrado por el estudio.

Para probar si existen diferencias significativas entre los coeficientes de aserrío por grados de calidad se realizó un análisis de varianza de un factor.

**Tabla 16.** Análisis de varianza (ANVA) del coeficiente de aserrío por grado de calidad de troza.

| *F.V* | *S.C* | *GL* | *CM* | *FC* | *P - Valor* | *Signif* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Calidad | 0,1371 | 2 | 0,0685 | 9,1430 | 0,0005** | ** |
| Error | 0,2998 | 40 | 0,0074 | | | |
| Total | 0,4369 | 42 | | | | |

* = *Significativo* (*p<0.05*); ** = *Altamente significativo.* (*p<0.001*).

En la Tabla 16, se observa que p-valor es menor que α= 0.001, existiendo diferencia altamente significativa entre los promedios, a un nivel de confianza de 99,9%, indicando que hay fuerte influencia de la calidad de trozas en el coeficiente de aserrío de dicha madera. Con el objeto de conocer cuáles de los promedios (Coeficiente de aserrío) son iguales o significativamente diferentes, se realizó la comparación de promedios,

utilizando la prueba de Tukey – Kramer, cuyo resumen se detalla en la tabla 17.

**Tabla 17.** Prueba de comparación del coeficiente de aserrío según el grado de calidad de trozas (Tukey – Kramer *α= 0.05*).

| Rendimiento de madera aserrada | Medias | Significancia |
|---|---|---|
| Calidad I | 0,513 | A |
| Calidad II | 0,428 | BC |
| Calidad III | 0,371 | CB |

En la tabla 17, se observa que el coeficiente de aserrío de la calidad I, es significativo con respecto a la Calidad II y III. Sin embargo no existe diferencia significativa entre el coeficiente de aserrío de las calidades II y III. El coeficiente de aserrío es mayor en las trozas de primera, seguida por las trozas de segunda calidad y las trozas de la calidad III, es la que presenta menor coeficiente de aserrío.

## 4.5 RELACIÓN ENTRE EL VOLUMEN DE TROZAS Y EL VOLUMEN DE MADERA ASERRADA

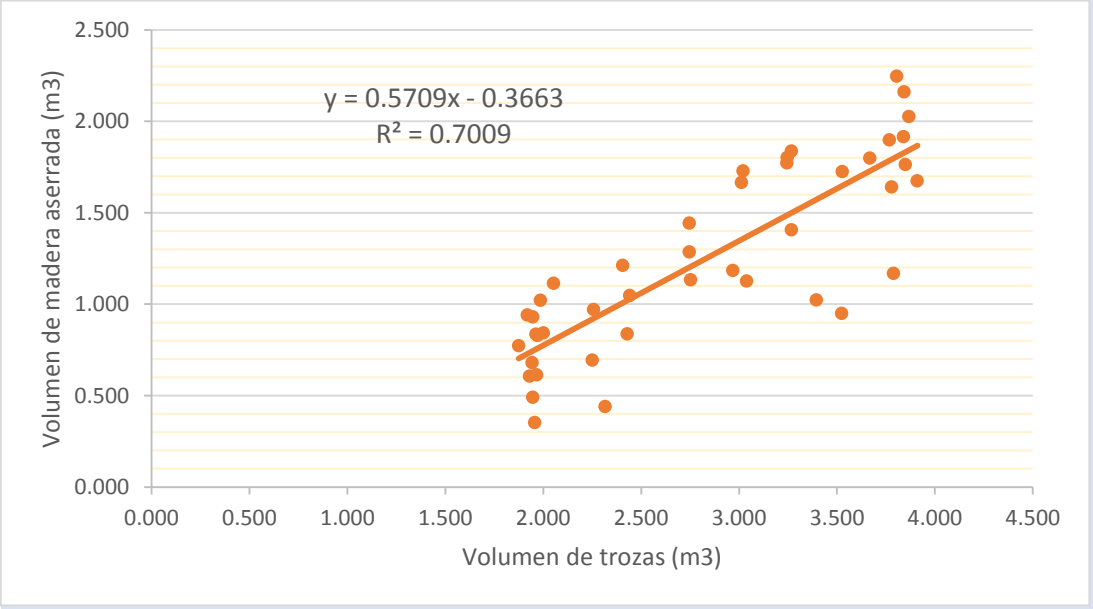



**Figura 13.** Relación entre el volumen de troza (m3) y el volumen de madera aserrada.

**Tabla 18**. Análisis de correlación y regresión entre el volumen de troza y el volumen de madera aserrada.

| Variables | n | Ecuación | r | $R^2$ x100 | r critico | Nivel signific, |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vol. de trozas vs Vol. de madera aserrada | 43 | y = 0,5709x + 0,3663 | 0.837 | 70 | 0.243* 0.338** | ** |

*gnificativo* (*p<0.05*); ** = *Altamente significativo.* (*p<0.001*).

La tabla 18 y la figura 13. Indica que existe una asociación altamente significativa directa entre el volumen de las trozas y el volumen de madera aserrada, como se puede apreciar conforme aumenta el volumen de cada troza existe un incremento constante de producto de madera aserrada, esta tendencia depende de un 70% del volumen de las troza y el 30% depende de otros factores.

Gonzales & Solorzano (2014), determinaron que para la especie *Manilkara bidentata* (Quinilla), el coeficiente de correlación (r) fue 0,994 indicando una relación altamente significativa entre el volumen de madera rolliza y el volumen de madera aserrada, asimismo el coeficiente de determinación (r2) fue de 98,91%. En la misma línea Muños (2013), quien estudió el rendimiento de *Calycophyllum spruceanun* (capirona) encontró un "r" de 0,85 y "r2" de 72%, asimismo Vela (2014), para la especie *Dipteryx micrantha* (shihuahuaco) determino un r = 0,79 y r2 63%. El resultado del estudio y las investigaciones mencionadas demuestran que existe una relación entre el volumen de madera rolliza y volumen aserrado, demostrando que en un más de 60% el rendimiento depende del volumen de las trozas.

Por otra parte la ecuación; y = 0,5709x + 0,3663 permitirá, predecir la cantidad de volumen de madera rolliza que necesita para completar las cargas de madera aserrada que las empresas pactan anticipadamente con sus clientes, lo que indiscutiblemente ayudara a realizar planificaciones sobre la comercialización de los productos de madera.

# CAPITULO V

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 CONCLUSIONES

Las características frecuentes de las trozas de huimba negra son las siguientes; trozas que presentaron sección irregular en 53%, poseen una conicidad cilíndrica en 88%, son de rectitud derecha en un 37%, no presentan rajaduras en 86%, asimismo no tienen abultamientos en 70%, sin embargo presentaron ligero ataque de insectos en 56% y solo presentaron machas un 51 % de las 43 trozas estudiadas.

Los defectos más frecuentes en las tres calidades y que afectan en el rendimiento de trozas de huimba negra, en términos de estructura, se refiere a trozas con sección irregular y de rectitud semisinuosa. Por otro lado en cuanto a defectos biológicos, se observó la presencia insectos y hongos que han provocado manchas y pudriciones en las trozas estudiadas.

El rendimiento en madera aserrada según el grado de calidad de trozas de huimba negra, presenta un promedio del 43.71%, repartidas en 51.27% para primera calidad, 42.79% para segunda calidad y un 37.08% de madera aserrada resultantes de trozas de tercera calidad. Además el análisis de correlación indica lo que indica que a medida que las trozas disminuyen en el grado de calidad, el rendimiento total también disminuye.

El coeficiente de aserrío según el grado de calidad de trozas de huimba negra, presenta un promedio de 0.437, repartidas 0.513 para primera calidad, 0.428 para segunda calidad y 0.371 para madera aserrada resultante de trozas de tercera calidad. La prueba estadística de Tukey – Kramer determina que el coeficiente de aserrío de la calidad I, es significativo con respecto a la Calidad II y III. Sin embargo no existe diferencia significativa entre el coeficiente de aserrío de las calidades II y III.

El análisis de correlación y regresión, demuestra que existe una asociación altamente significativa directa entre el volumen de trozas y el volumen de madera aserrada, y que conforme aumenta el volumen de cada troza existe un incremento en el producto de madera aserrada, esta tendencia depende,

según el coeficiente de determinación en un 70% del volumen de las trozas y un 30 % depende de otros factores. La ecuación de regresión es; Y=0,5709X- 0,3663, con lo cual se podrá predecir la cantidad de trozas que se necesita para cumplir con cargas de madera aserrada de huimba negra.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Acortar el tiempo de almacenamiento de las trozas de ceiba samauma (huimba negra) en el bosque y en el aserradero y aplicar tratamientos fungicidas e insecticidas para minimizar el ataque de hongos e insectos, para incrementar el rendimiento de las trozas.

Clasificar las trozas por grados de calidad para una transacción comercial más justa y sostener la rentabilidad de la industria del aserrío.

Compartir y socializar la información de este trabajo con los actores forestales de la región Ucayali y del país, especialmente con las autoridades forestales con el propósito que en un futuro cercano los volúmenes de aprovechamiento se aprueben por especie, de esta manera tener un mayor control del aprovechamiento forestal.

## 5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


Almeida, J. G. (2012). *Determinación el rendimiento y costos de industralización primaria de madera de balsa (Ochroma pyramidale) con diferentes clases diametricas en la industria Silvercorp S.A.* Ibarra - Ecuador: Universidad Tecnica del Norte.

Armas, J. E. (2016). *“Rendimiento y costos en la producción de frisas AD.* Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruan.

Barrios, R. O., Martinez, S. D., Rabanales, D. E., & Juarez, W. S. (2015). Determinación del coeficiente y calidad de aserrío del género pinus en la región sur, Oxaca, México. *Colombia Forestal 19 (1)*, 79-93.

Batres, D. (2003). *Manual para el cálculo de rendimiento de aserrío.* Guatemala: Instituto Nacional de Bosques.

BCRP. (12 de Enero de 2017). *elcomercio.pe.* Obtenido de elcomercio.pe: elcomercio.pe/amp/economia/peru/sector-forestal-seis-datos-manejo-madera-peru-2321111

BOLFOR. (1997). *Estudio de Rendimiento, Tiempos y Movimientos en el Aserrío - Manual Práctico.* Santa Cruz - Bolivia: USAID.

Campos, R., & Chuquicaja, C. (1988). Factor de conversión en aserrío para Cedrelinga catenaeformis y Aniba sp. *Revista Forestal del Peru V 15 (1)*, 1-11.

Carre, J. (1992). *Le Sciege.* Faculta de sciene Agronomicas de gemblox.

CPM, C. P. (2008). *Compendio de Información Tecnica de 32 Especies Forestales Tomo I.* Lima: Reimpresión realizada con el apoyo del Centro de Innovación Tecnológica de la Madera-CITEmadera/Ministerio de la Producción.

Espiritu, J., & Soto, C. (2011). Rendimiento en madera aserrada por grados de calidad de Viorla sp (cumala) en el aserradero J. J Boris S.A.C, Iquitos, Peru. *Conoc. amaz. 2 (1)*, 45 - 57.

Flores, W. M. (2017). *Rendimiento de la madera aserrada comercial de Calophyllum brasiliense camb. (Lagarto caspi) en la fabricación de ladrillos de madera maciza y otros elementos estructurales.* Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali.

García R, J. L. (2001). *Coeficientes de aserrío para cuatro aserraderos banda en el Sur de Jalisco. Foresta-AN. Nota técnica No. 5.* Jalisco. Obtenido de http://www.uaaan.mx/public/forestan/nota5.htm

Gomez, M., & Chinchilla, O. (2004). Calidad y tamaño de trozas de melina y el rendimiento del aserrío. *Ambientales Nº 28*, 64.

Gonzales, H. G., & Solorzano, E. R. (2014). Influencia de la clase diametrica en el rendimiento de madera de la especie Manilkara bidentata (Quinilla),para la obtencion de tablillas y decking, en la empresa "Forestal Rio Piedras S.A.C", Madre de Dios - Peru. *El CEPROSIMAD 02(2)*, 21-32.

Gonzales, Y., & Cuadra, M. (2004). *Estandarización de unidades de medidas y cálculo de volumenes de madera.* Guatemala: Instituto Nacional Forestal.

Henning, N. (1972). *Mediciones I.* Siguatepeque: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.

INAB. (2003). *Guia Practica para cubicacion de madera (Segunda ed.).* Guatemala: Instituto Ncional de Bosques.

Luna, N., Villanueva, A., Gonzales, M., Larreta, V., Cobos, C., Hernandez, F., & Calderon, A. (2012). Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, Mexico. *Investigacion y Ciencia Nº 55*, 11-23.

Maury, F. E. (2010). *Factor de conversión en aserrío para trozas de eucalipto (Eucalyptus globulus) de una plantación agroforestal en el Valle del Mantaro.* Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Muños, G. O. (2013). *Rendimiento por grado de calidad en el aserrio de Calycophyllum spruceanum (Capirona) en el aserradero AFRESAC, Iquitos-2013.* Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Muñoz, G. O. (2013). *Rendimiento por grado de calidad en el aserrio de Calycophyllum spruceanum (Capirona) en el aserradero AFRESAC, Iquitos - 2013.* Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Muñoz, G. R. (2014). *Rendimiento por grados de calidad en el aserrio de Calycophyllum spruceanum (Capairona) en el aserradero AFRESAC, Iquitos - 2013.* Iquitos: Universidad de la Amazonia Peruana.

Peña, C. B. (2008). *Rendimiento de la madera de azucar huayo (Hymenea palustris) utilizada para pisos en el aserradero Ciefor Pto. Almendras. Iquitos - Peru.* Iquitos: Universidad Nacional de la amazonia Peruana.

Promamazonia. (noviembre de 2016). *http://www.promamazonia.org.pe*. Obtenido de http://www.promamazonia.org.pe: http://www.promamazonia.org.pe/SiBiocomercio/wfr_LineaProductivaItem.aspx?Tef_IdTemaFicha=120

Quiroz, R. (2005). Rendimiento en aserrio y prcesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense 29(2)*, 7-15.

Quispe, J. J. (2011). *Determinación del coeficiente de rendimiento en el aserrío de madera para la especie Leche Caspi (Brosimum utile Ducke C.C. Berg) Villa Rica, Perú.* Tingo Maria: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Reyes, G. R. (2007). *Análisis de la madera de Copaiba (Copaifera officinalis) en las operaciones de aserrrío en la zona de Pucallpa.* Lima - Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Rojas, C. M. (2010). *Rendimiento de madera aserrada de dos especies forestales en el aserradero Forestal Agricola y Servicios El Tigre S.R.L Iquitos - Peru.* Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Schwerw, H. (1981). *La Industria del aserrio en el Peru.* FAO.

Serfor, S. N. (2008). *Metodología para determinar el coeficiente de rendimiento de madera rolliza (troza) a madera aserrada.* Lima: Serfor.

Souza, M. R. (2016). *Evaluación del rendimiento de especies coniferas y latifoliadas utilizadas en la indutria forestal del Departamento del Progreso.* Guateala: Universidad Rafael Landivar.

Vela, S. C. (2014). *Rendimiento y costos en la producción de madera aserrada de Dipteryx micrantha (Harms) en el aserradero De Green Gold Forestry Peru Sac. Maynas - Peru.* Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Videyra, J. E. (2018). *Rendimiento y eficiencia en el aserrado de la madera de Calycophyllum spruceanum (Capirona) en industrias Madex E.I.R.L, Iquitos Peru.* Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Zavala, D., & Hernandez, R. (2000). Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrio de pino. *Madera y Bosques 6(2)*, 41-55.

# ANEXOS

## ANEXO 1

**Tabla 19A.** Datos de pre muestreo, para determinar el tamaño de la muestra.

| Nº de trozas | Diámetro Mayor (cm) | Diámetro menor (cm) | Longitud (m) | Volumen (m3) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 79 | 73 | 8,40 | 3,811 |
| 2 | 67 | 59 | 6,70 | 2,089 |
| 3 | 73 | 59 | 6,30 | 2,155 |
| 4 | 65 | 54 | 7,80 | 2,169 |
| 5 | 70 | 66 | 6,75 | 2,451 |
| 6 | 74 | 66 | 8,28 | 3,187 |
| 7 | 67 | 62 | 9,79 | 3,199 |
| 8 | 80 | 69 | 6,36 | 2,772 |
| 9 | 75 | 64 | 8,11 | 3,077 |
| 10 | 93 | 88 | 6,00 | 3,860 |
| 11 | 88 | 82 | 6,50 | 3,688 |
| 12 | 75 | 64 | 8,30 | 3,149 |
| 13 | 78 | 73 | 6,90 | 3,089 |
| 14 | 59 | 48 | 9,47 | 2,129 |
| 15 | 84 | 77 | 5,20 | 2,647 |
| 16 | 66 | 62 | 6,45 | 2,075 |
| 17 | 84 | 79 | 6,23 | 3,250 |
| 18 | 72 | 67 | 5,18 | 1,965 |
| 19 | 75 | 55 | 7,50 | 2,489 |
| 20 | 70 | 63 | 7,10 | 2,466 |
| 21 | 89 | 72 | 7,60 | 3,868 |
| 22 | 85 | 78 | 7,16 | 3,735 |
| 23 | 79 | 76 | 6,55 | 3,090 |
| 24 | 82 | 76 | 6,53 | 3,201 |
| 25 | 78 | 85 | 6,52 | 3,401 |
| 26 | 79 | 76 | 7,52 | 3,547 |
| 27 | 76 | 71 | 6,38 | 2,707 |
| 28 | 78 | 85 | 6,68 | 3,485 |
| 29 | 84 | 79 | 6,20 | 3,234 |
| 30 | 64 | 71 | 7,50 | 2,684 |
| | | | N | 144 |
| | | | Premuestra | 30 |
| | | | Promedio | 2,96 |
| | | | Varianza | 0,35 |
| | | | Desviación estándar (S) | 0,59 |
| | | | Coeficiente de variación (CV) | 20,07 |
| | | | Z | 1,96 |
| | | | E (%) | 5 |
| | | | ***n*** | **43,299** |

## ANEXO 2

Criterios para medición de variables para la clasificación de trozas por calidades.

| VARIABLE | TIPOS/DEFINICION | MEDICION | GRAFICO Y DETERMINACIÓN |
|---|---|---|---|
| **Forma de la sección** | **Redonda/Cilíndrica/ Circular:** Cuando la forma de la sección es similar a la de un círculo. | Se constatará su presencia (visual) |  |
| | **Ovalada/Elíptica/ Semicilíndrica:** Cuando la forma de la sección se aproxima a una elipse. | Se constatará su presencia (visual) |  |
| | **Irregular:** Cuando la sección presenta sinuosidades en su perímetro. | Se constatará su presencia (visual) |  |
| **Conicidad (Ahusamiento)** | **Cilíndrica:** Cuando la variación del diámetro respecto de la longitud es menor a 2cm/m. (CAH < 2cm/m) | Se calculará: $CAH = \frac{D-d}{L}$ |  |
| | **Semicilíndrica:** Cuando la variación del diámetro respecto de la longitud es mayor 2cm/m, pero menor a 5cm/m. (2cm/m<CAH<5cm/m) | Se calculará: $CAH = \frac{D-d}{L}$ |  |
| | **Ahusada:** Cuando la variación del diámetro respecto de la longitud es mayor 5cm/m. (CAH>5cm/m) | Se calculará: $CAH = \frac{D-d}{L}$ |  |
| **Rectitud (Grado de curvatura)** | **Derecha:** Cuando no existe ninguna desviación del eje longitudinal de la troza respecto de un plano. Es decir se mantiene dentro de su eje longitudinal. | Se constatará su presencia (visual) |  |
| | **Semisinuosa:** Cuando una porción de la troza se aleja ligeramente de su eje longitudinal. | Se constatará su presencia (visual) |  |

Fuente: Serfor (2008)

| VARIABLE | TIPOS/DEFINICION | MEDICION | GRAFICO Y DETERMINACIÓN |
|---|---|---|---|
| | **Sinuosa:** Cuando una porción de la troza se aleja excesivamente de eje longitudinal formando codos. | Se constatará su presencia (visual) |  |
| | **Torcida:** Cuando la troza presenta una gran desviación longitudinal formando ángulos. | Se constatará su presencia (visual) |  |
| **Acañonado** | Cuando al menos en uno de los extremos de la troza se divisa un hueco grande presente en el interior ésta. | Se determinará el porcentaje respecto del diámetro de la sección en la que se divise. Es decir: $Aco = \frac{Dafectado}{D\,sec.} * 100$ |  |
| **Rajadura** | Cuando la troza presenta separación (es) en su dirección longitudinal que afecta sus extremos. | Se medirá su ancho (a) y determinará su profundidad (p) en términos porcentuales respecto de la longitud de la troza.<br>Prof. = p / L * 100 |  |
| **Grietas** | Cuando la troza presenta separación (es) en su dirección longitudinal que afecta solo uno de sus extremos. | Se determinará su largo (l) y profundidad (p) en términos porcentuales respecto de la longitud total (L) y radio (r) en la sección de la troza respectivamente.<br>Largo = l / L * 100<br>Prof. = p / r *100 | |
| **Abultamiento (Protuberancias)** | Cuando la troza presenta un aumento en forma de bola en su sección transversal (madera comprimida). | Se constatará su presencia (visual) | |
| **Ataque insecto** | Cuando se observa perforaciones producidos por insectos | Se constatará su presencia (visual). | |
| **Manchas y Pudriciones** | Cuando se observe manchas o pudriciones por ataque de hongos | Se constatará su presencia (visual). | |

Fuente: Serfor (2008)

## ANEXO 3

**Tabla 20A.** Cubicación y características de las trozas de a especie *ceiba samauma*

| Calidad de troza | Diámetro mayor (cm) | Diámetro menor (cm) | Longitud (m) | Volumen (m3) | Forma de sección | | | Conicidad | | | Rectitud | | | Rajadura | | | | Abultamiento | | | Ataque de insectos | | | Mancha o pudrición | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Circular | Ovalada | Irregular | Cilíndrica | Semicilíndrica | Ahusada | Derecha | Semisinuosa | Sinuosa y torcida | No presenta | Solo 1 | Más de 1 | | No presenta | Solo 1 | Más de 1 | No presenta | Ligero | Presenta | No presenta | Solo mancha | pudriciones y mancha |
| I | 67,50 | 65,50 | 7,030 | 2,442 | | | x | 0,28 | | | x | | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| I | 64,50 | 68,50 | 5,720 | 1,987 | x | | | 0,61 | | | | x | | x | | | | x | | | | | x | | x | |
| I | 85,00 | 82,00 | 7,020 | 3,844 | | | x | 1,06 | | | x | | | x | | | | | | x | | x | | | x | |
| I | 76,00 | 74,00 | 6,820 | 3,013 | x | | | 0,29 | | | x | | | x | | | | x | | | | x | | x | | |
| I | 75,00 | 69,00 | 9,500 | 3,868 | | | x | 0,63 | | | x | | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| I | 73,00 | 63,00 | 5,360 | 1,947 | | x | | 1,86 | | | x | | | x | | | | x | | | x | | | | x | |
| I | 61,50 | 83,00 | 9,190 | 3,768 | x | | | 1,63 | | | x | | | x | | | | x | | | | x | | x | | |
| I | 62,00 | 56,50 | 7,450 | 2,054 | x | | | 0,87 | | | x | | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| I | 72,00 | 67,00 | 9,300 | 3,528 | | x | | 0,53 | | | x | | | x | | | | x | | | x | | | | | x |
| I | 58,00 | 61,00 | 7,090 | 1,971 | | | x | 0,42 | | | x | | | x | | | | x | | | x | | | | x | |
| I | 78,50 | 71,50 | 6,840 | 3,022 | x | | | 1,02 | | | x | | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| I | 78,50 | 70,50 | 6,300 | 2,746 | x | | | 1,26 | | | x | | | x | | | | x | | | | x | | x | | |
| I | 78,00 | 72,50 | 7,300 | 3,247 | | x | | 0,75 | | | x | | | x | | | | x | | | x | | | | x | |
| II | 72,00 | 70,50 | 9,630 | 3,840 | | x | | 0,16 | | | | x | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| II | 79,00 | 72,50 | 7,200 | 3,245 | | | x | 0,90 | | | x | | | | x | | | x | | | | x | | | x | |
| II | 80,50 | 68,50 | 5,520 | 2,406 | | | x | | x | | | x | | x | | | | x | | | | x | | | | x |
| II | 65,50 | 80,50 | 7,810 | 3,269 | | | x | 1,92 | | | | x | | x | | | | | x | | | x | | | x | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| II | 83,00 | 77,00 | 7,570 | 3,805 | | | x | 0,72 | | | | x | | x | | | | | x | | | x | | | | x |
| II | 70,00 | 80,00 | 6,720 | 2,969 | | x | | 1,48 | | | x | | | x | | | | | x | | | x | | | | x |
| II | 82,00 | 75,50 | 6,970 | 3,395 | | x | | 0,93 | | | | x | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| II | 95,00 | 96,00 | 5,290 | 3,789 | | x | | 0,18 | | | x | | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| II | 68,00 | 50,00 | 7,020 | 1,919 | | | x | | x | | | x | | x | | | | x | | | | x | | | | x |
| II | 51,50 | 61,50 | 9,240 | 2,317 | | x | | 1,08 | | | | x | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| II | 57,00 | 60,00 | 7,320 | 1,967 | | x | | 0,47 | | | | x | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| II | 60,50 | 66,50 | 6,200 | 1,963 | | x | | 0,96 | | | | x | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| II | 65,50 | 57,50 | 6,310 | 1,874 | | x | | 1,26 | | | | x | | x | | | | x | | | | x | | | | x |
| II | 78,50 | 70,50 | 6,300 | 2,746 | | x | | 1,29 | | | | x | | x | | | | x | | | | x | | | x | |
| II | 83,00 | 76,00 | 7,100 | 3,524 | | x | | 1,69 | | | | x | | x | | | | x | | | | x | | x | | |
| II | 64,50 | 70,50 | 6,310 | 2,258 | | x | | 0,95 | | | | | x | x | | | | | x | | | x | | | x | |
| III | 80,50 | 75,00 | 6,400 | 3,039 | | | x | 0,85 | | | | | x | x | | | | x | | | | | x | | | x |
| III | 57,50 | 71,50 | 5,960 | 1,947 | | | x | 1,93 | | | | | x | x | | | | | x | | | | x | | | x |
| III | 68,50 | 76,00 | 4,880 | 2,001 | | | x | 1,53 | | | | | x | x | | | | | | x | | | x | | | x |
| III | 80,00 | 87,50 | 7,100 | 3,911 | | | x | 1,05 | | | | x | | x | | | | | | x | | | x | | | x |
| III | 68,50 | 54,00 | 6,600 | 1,945 | | | x | | x | | | | x | x | | | | x | | | | | x | x | | |
| III | 73,00 | 89,00 | 7,470 | 3,849 | | | x | | x | | x | | | | x | | | x | | | | | x | | | x |
| III | 56,00 | 58,50 | 7,500 | 1,931 | | | x | 0,33 | | | | | x | | x | | | | | x | | | x | | x | |
| III | 70,00 | 64,00 | 6,890 | 2,429 | | | x | 0,87 | | | | | x | | | x | | x | | | | x | | x | | |
| III | 88,50 | 80,50 | 6,740 | 3,780 | | | x | 1,18 | | | | | x | x | | | | | | x | | | x | | x | |
| III | 71,00 | 66,50 | 5,270 | 1,956 | | | x | 0,78 | | | | | x | x | | | | x | | | | | x | | x | |
| III | 67,50 | 78,50 | 7,810 | 3,269 | | | x | 1,41 | | | | | x | | x | | | x | | | | | x | | | x |
| III | 77,50 | 70,50 | 6,400 | 2,753 | | | x | 1,09 | | | | | x | x | | | | | x | | | | x | | | x |
| III | 80,00 | 86,50 | 6,740 | 3,669 | | | x | 0,89 | | | | | x | x | | | | | x | | | | x | | | x |
| III | 79,00 | 65,00 | 5,530 | 2,252 | | | x | | x | | | | x | | x | | | x | | | | | x | | | x |

## ANEXO 4

**Tabla 21A**. Nº de piezas de madera aserrada, obtenido por cada troza de huimba negra

| Nº troza | Calidad de troza | Madera aserrada | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Categoría | Nº de pieza | Volumen (m3) |
| **1** | I | Comercial | 8 | 0,688 |
| | | Recuperación | 30 | 0,359 |
| **2** | I | Comercial | 15 | 0,714 |
| | | Recuperación | 19 | 0,306 |
| **3** | I | Comercial | 15 | 1,620 |
| | | Recuperación | 43 | 0,540 |
| **4** | I | Comercial | 18 | 1,379 |
| | | Recuperación | 22 | 0,289 |
| **5** | I | Comercial | 15 | 1,276 |
| | | Recuperación | 45 | 0,751 |
| **6** | I | Comercial | 14 | 0,711 |
| | | Recuperación | 11 | 0,219 |
| **7** | I | Comercial | 23 | 1,481 |
| | | Recuperación | 31 | 0,417 |
| **8** | I | Comercial | 10 | 0,779 |
| | | Recuperación | 17 | 0,334 |
| **9** | I | Comercial | 13 | 1,272 |
| | | Recuperación | 28 | 0,453 |
| **10** | I | Comercial | 10 | 0,605 |
| | | Recuperación | 16 | 0,222 |
| **11** | I | Comercial | 17 | 1,412 |
| | | Recuperación | 17 | 0,316 |
| **12** | I | Comercial | 17 | 0,887 |
| | | Recuperación | 27 | 0,556 |
| **13** | I | Comercial | 9 | 1,142 |
| | | Recuperación | 48 | 0,660 |
| **14** | II | Comercial | 12 | 1,490 |
| | | Recuperación | 28 | 0,425 |
| **15** | II | Comercial | 15 | 1,294 |
| | | Recuperación | 25 | 0,478 |
| **16** | II | Comercial | 12 | 0,781 |
| | | Recuperación | 29 | 0,431 |
| **17** | II | Comercial | 19 | 1,154 |
| | | Recuperación | 47 | 0,683 |
| **18** | II | Comercial | 25 | 1,714 |
| | | Recuperación | 39 | 0,532 |
| **19** | II | Comercial | 11 | 0,792 |
| | | Recuperación | 29 | 0,392 |
| **20** | II | Comercial | 10 | 0,561 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Recuperación | 32 | 0,461 |
| **21** | II | Comercial | 12 | 0,582 |
| | | Recuperación | 41 | 0,586 |
| **22** | II | Comercial | 10 | 0,635 |
| | | Recuperación | 25 | 0,304 |
| **23** | II | Comercial | 5 | 0,258 |
| | | Recuperación | 12 | 0,182 |
| **24** | II | Comercial | 7 | 0,360 |
| | | Recuperación | 14 | 0,253 |
| **25** | II | Comercial | 7 | 0,522 |
| | | Recuperación | 20 | 0,313 |
| **26** | II | Comercial | 10 | 0,545 |
| | | Recuperación | 17 | 0,228 |
| **27** | II | Comercial | 15 | 0,788 |
| | | Recuperación | 24 | 0,496 |
| **28** | II | Comercial | 10 | 0,948 |
| | | Recuperación | 25 | 0,500 |
| **29** | II | Comercial | 11 | 0,582 |
| | | Recuperación | 25 | 0,387 |
| **30** | III | Comercial | 11 | 0,559 |
| | | Recuperación | 44 | 0,567 |
| **31** | III | Comercial | 6 | 0,281 |
| | | Recuperación | 14 | 0,210 |
| **32** | III | Comercial | 8 | 0,372 |
| | | Recuperación | 33 | 0,470 |
| **33** | III | Comercial | 16 | 0,960 |
| | | Recuperación | 47 | 0,714 |
| **34** | III | Comercial | 7 | 0,413 |
| | | Recuperación | 17 | 0,267 |
| **35** | III | Comercial | 14 | 1,262 |
| | | Recuperación | 38 | 0,500 |
| **36** | III | Comercial | 4 | 0,350 |
| | | Recuperación | 17 | 0,256 |
| **37** | III | Comercial | 7 | 0,279 |
| | | Recuperación | 45 | 0,558 |
| **38** | III | Comercial | 10 | 0,779 |
| | | Recuperación | 48 | 0,861 |
| **39** | III | Comercial | 4 | 0,222 |
| | | Recuperación | 11 | 0,129 |
| **40** | III | Comercial | 14 | 0,859 |
| | | Recuperación | 39 | 0,547 |
| **41** | III | Comercial | 13 | 0,687 |
| | | Recuperación | 20 | 0,446 |
| **42** | III | Comercial | 16 | 1,288 |
| | | Recuperación | 21 | 0,510 |
| **43** | III | Comercial | 5 | 0,312 |
| | | Recuperación | 25 | 0,382 |

## ANEXO 5

Defectos frecuentes de las trozas de la especie C*eiba samauma.*



**Figura 14.** Trozas de *Ceiba samauma* con sección irregular



**Figura 15**. Troza de Ceiba samauma con rectitud, semisinuosa, sinuosa y torcida.



**Figura 16**. Ataque de hongos e insectos en trozas y madera aserrada de *Ceiba samauma*

## ANEXO 6

Cubicación y aserrío de las trozas de *Ceiba samauma*



**Figura 17**. Cubicación de trozas de huimba negra




**Figura 18.** Codificación de trozas de *Ceiba samauma* a través de colores diferentes.



**Figura 19.** Procesos de aserrío de la madera de *Ceiba samauma*.

## ANEXO 7

Productos obtenidos de las trozas de *Ceiba samauma*



**Figura 20.** Madera comercial y de recuperación