

Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ciencias Agrarias

Especialización en Manejo de Recursos Forestales

Análisis de rendimiento del aserrado de Palo Santo (*Gonopterodendron sarmientoi*) en un aserradero de la provincia del Chaco

Autor: Leandro Rafael Ballatore

Asesor: Carlos Maximiliano Umlandt

2023

# ANALISIS DE RENDIMIENTO DEL ASERRADO DE PALO SANTO (*Gonopterodendron sarmientoi*) EN UN ASERRADERO DE LA PROVINCIA DEL CHACO

## • Resumen

La madera de Palo Santo (*Gonopterodendron sarmientoi*) es comercializada principalmente para el mercado de exportación, con una alta demanda en estos últimos años. No se han encontrado estudios relacionados a rendimiento en aserradero de esta especie, por esta razón el objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento del aserrado de Palo Santo en un aserradero dedicado a la exportación. Para el estudio se analizaron los rendimientos de fuste y despuntes de Palo Santo, basándose en el volumen de entrada de los mismos relacionándolos con el volumen de salida de los productos industrializados. Se observó que los rendimientos dependieron de la calidad de la troza, las de menor calidad fueron destinados al proceso de dimensionado, el cual tiene operaciones de saneado y mayor cantidad de desperdicio, disminuyendo así el rendimiento de este proceso.

## • Introducción

Palo Santo, *Gonopterodendron sarmientoi*, antes *Bulnesia sarmientoi* es una especie que se encuentra en el apéndice II de la CITES. CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos, establece un marco jurídico internacional para el comercio de aquellas especies que los países que son parte consideran que lo requiere.

### Utilización

Madera: Mueblería, pisos, postes, carbón. Y uno de los más conocidos e históricos es el uso en bujes navales.

Aceite esencial: Por destilación se puede extraer el aceite esencial, conocido como “guayacol”.

Usos Tradicionales: utilizado por los indígenas, para instrumentos de trabajo, caza, rituales, y para la elaboración de artesanías (Tortorelli, 1956).

Hoy día, aserraderos y acopiadores de madera lo comercializan para postes de alambradas en corrales, para carbón y en los últimos años para placas (o piezas) destinadas a pisos de parquet o revestimientos, en estos últimos casos destinados a la exportación a países del extremo oriente. Desde hace décadas, se lo explota en la región para la extracción de la esencia de “palo santo” o “guayacol”, como base para la elaboración de perfumes de olor fuerte, el cual es exportado principalmente a Francia y España (Jacobs, 1990).

El contenido de extracto del duramen es entre 3-4%. Paraguay provee el 85 % de la producción mundial. El Paraguay exporta los rollos descortezados y crudos para la elaboración de bujes para embarcaciones de pequeño, mediano y gran calado, utilizados según el tamaño de los diámetros del tronco. Según fuentes de información privada, los grandes exportadores sacan los “rollos” sin tener en cuenta los diámetros mínimos, los que van directamente a los sitios en donde se arman diferentes tipos de

embarcaciones; son muy codiciados porque debido a su aceite esencial y su dureza, pueden tener larga vida y por, sobre todo, teniendo en cuenta el diámetro, pueden calcular el tiempo de uso y cambiarlos sin mucha dificultad (WWF Paraguay).

### **Normas de comercialización y comercio**

A partir del año 2006 la Autoridad Administrativa CITES Argentina empezó a recabar datos sobre las exportaciones realizadas y de esta manera se pudo apreciar la estrecha relación entre el aumento sufrido por producción primaria de las provincias y las cantidades que fueron destinadas para comercio internacional. En el año 2008, desde que la especie fue incluida en el Apéndice III de la CITES, puede notarse una regularización de las exportaciones y un significativo descenso de las mismas.

En Chaco para el aprovechamiento de Palo Santo, se requiere de un permiso de Aprovechamiento Especial el cual lleva consigo una auditoria, acompañamiento y certificación por parte de la Dirección de Bosques del Chaco.

### **Rendimiento de palo santo en aserradero**

La industria forestal es la encargada de dar valor agregado a los productos forestales y de esta manera contribuir a la conservación de los recursos boscosos mediante su aprovechamiento sostenible. De allí la necesidad de mejorar los rendimientos obtenidos y buscar alternativas para el aprovechamiento de los residuos generados durante el proceso de transformación de la madera (Soto *et al.*, 2000).

El estudio de rendimiento en aserradero se considera una herramienta práctica, que facilita las actividades de transformación primaria. La industria maderera es la encargada de dar valor agregado a los productos forestales y de esta manera contribuir a la conservación de los recursos boscosos mediante su aprovechamiento adecuado, de allí la necesidad de mejorar los rendimientos obtenidos y buscar alternativas para el aprovechamiento de los residuos generados durante el proceso de transformación de la madera (Soto Aguirre, J., A. Méndez y G. Páez, 2000)

El término rendimiento se utiliza como indicador de la tasa de utilización de la materia prima en el proceso de aserrado y corresponde a la relación entre el volumen de madera rolliza y el volumen del producto resultante (Quiros Herrera, 1990), en este trabajo nos vamos a ocupar del estudio y análisis del rendimiento en el aserrado de rollos de Palo Santo (*Gonopterodendron sarmientoi*).

El conocimiento de los indicadores de rendimiento facilita la evaluación del desempeño del proceso y la toma de decisiones, anticipándose a situaciones adversas, reduciendo gastos y pérdidas en el proceso productivo. Un aserradero eficiente es aquel donde, entre otras cosas, los cortes se realizan de tal forma que, a partir de la troza, se obtenga una mayor cantidad y calidad de madera aserrada (Brown y Bethel, 1987).

Para la estimación del rendimiento, la unidad de medida utilizada en la industria forestal es el Metro Cúbico ( $m^3$ ) para la cuantificación del volumen de madera. En sus diferentes presentaciones: madera en troza, madera aserrada (tabla, tablón, regla), chips de madera, tableros, etc.

## • Problema

Se observa como situación problemática la falta o ausencia de referencias y estudios respecto el rendimiento del aserrado del Palo Santo, y debido a la importancia de este indicador se desarrolla este trabajo, con el fin de generar información del rendimiento durante aserradero de Palo Santo en un establecimiento de J.J. Castelli de la provincia del Chaco.

## • Objetivo

El objetivo del presente trabajo es determinar el rendimiento de fustes y despuntes de Palo Santo luego de industrializados los mismos, mediante los procesos de aserrado, torneado y canteado en un aserradero, ubicado en la provincia del Chaco. Obteniendo datos de rendimiento a partir de los pesos de entrada de la materia prima y salida de los productos industrializados del establecimiento.

## • Área de estudio y Materiales

En la provincia del Chaco la cosecha de Palo Santo se realiza en los departamentos Almirante Brown y General Güemes (fig. 1). La calidad de los rollos y despuntes obtenidos en general son muy diferentes dependiendo siempre del sitio o lugar donde se desarrolló, siendo a veces muy diferentes en un mismo predio. Para el estudio se utilizaron rollos y despuntes de Palo Santo, cosechados en predio perteneciente a Zalazar Benito, ubicado en el paraje La Sirena, departamento General Güemes, provincia del Chaco (fig. 2).

En las figuras 3 y 4 se observan árboles sin apear en los cuales se puede apreciar las magnitudes de fustes y despuntes que serán objetos de estudio, los árboles apeados que se muestran en la figura 5 fueron trasportados enteros hasta la playa de acondicionamiento donde se obtuvieron rollos y despuntes, los mismos fueron transportados hasta la playa de acopio del aserradero (fig. 6), donde se los clasificó según sean rollos o despuntes (fig. 7 y 8), se les tomaron las medidas de largo, diámetro menor y mayor (fig. 9 y 10), y se les tomó el peso con bascula (fig. 11).



Figura 1 y 2. Ubicación del predio de Zalazar Benito.



Figura 3 y 4. Árboles de Palo Santo sin apear.



Figura 5. Árbol apeado de Palo Santo.



Figura 6. Descarga de rollos y despuntes.



Figura 7 y 8. Parte de rollos y despuntes de Palo Santo utilizados en el estudio.

### Instrumentos utilizados

Para el estudio se utilizaron los siguientes instrumentos.



Figura 9. Forcípula y cinta dasométrica, para la medición del diámetro mayor y menor de las trozas, medidas aplicadas en el estudio.



Figura 10. Calibre o Vernier, se utilizó para medir diámetros mínimos que entrarían a torneado, (medida mínima de torneado 100 mm) y productos como tablas teniendo de esta manera mayor precisión en las medidas.

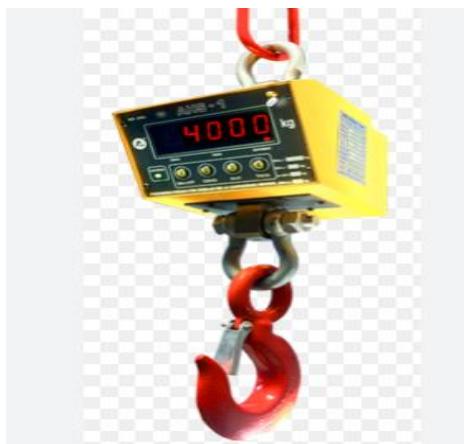


Figura 11. Bascula y balanza, utilizamos para determinar el peso de los diferentes materiales de estudio (rollos, trozas, tablas, etc.).

### Aserradero

Para una mejor interpretación, y análisis, de los trabajos, movimientos, productos parciales y finales, que se llevan a cabo en el aserradero “Aserradero la Regina” se realizó un diagrama de flujo (fig. 12), además se elaboró un plano mostrando la distribución de los equipos y áreas de trabajo (fig. 13) y otro en el cual se puede observar el tránsito interno dentro del aserradero (fig. 14).

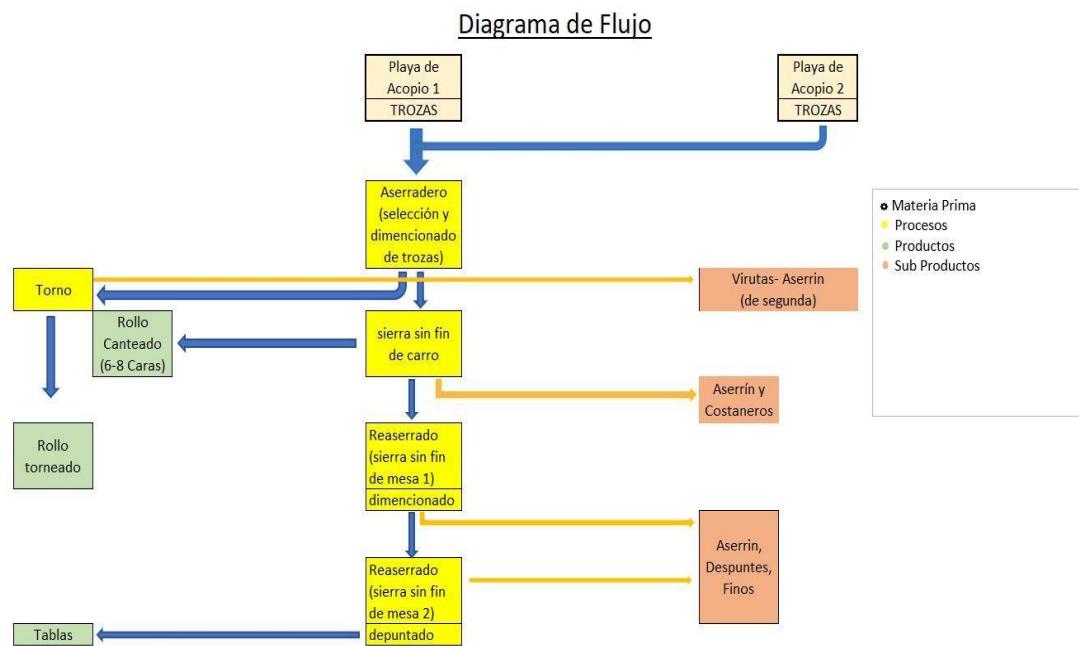


Figura 12. Diagrama de flujo de operaciones, productos y sub productos del Aserradero La Regina.

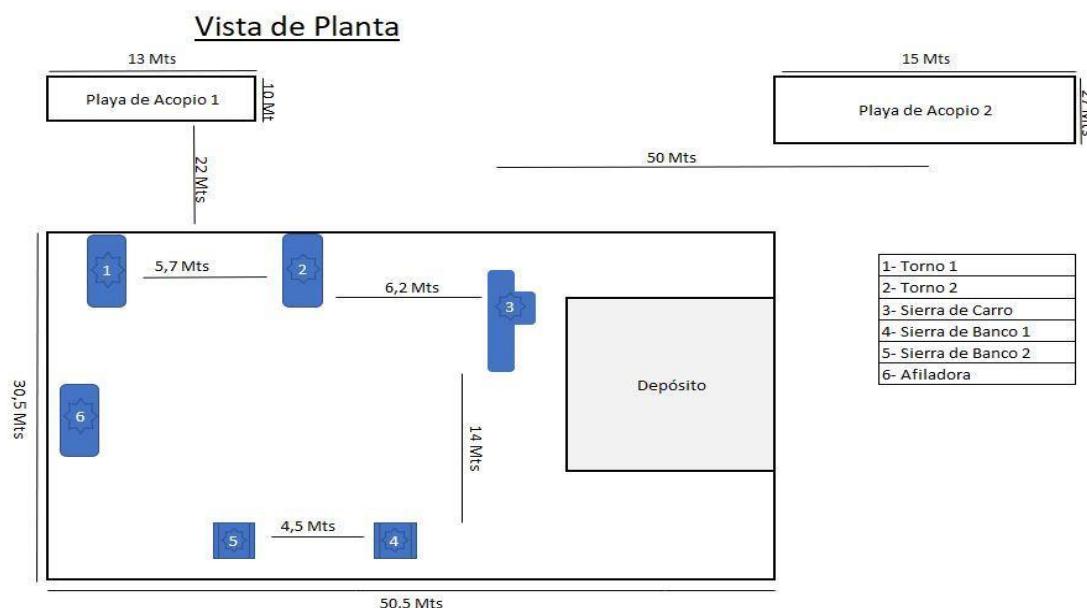


Figura 13. Distribución de equipos y áreas de trabajo del Aserradero la Regina.

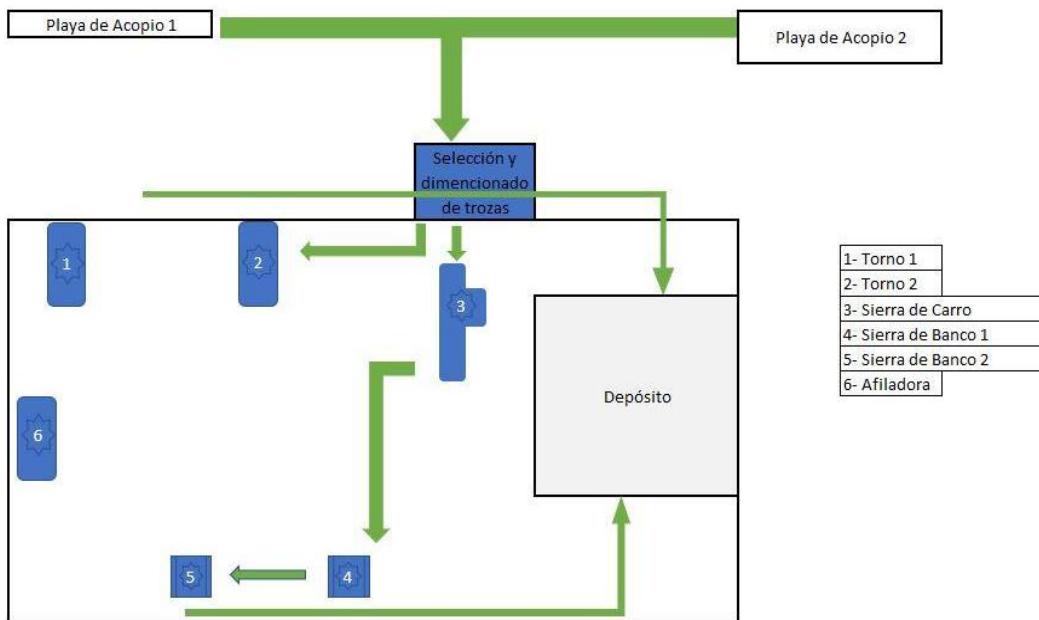


Figura 14. Distribución de equipos, áreas de trabajo y tránsito de productos, del Aserradero la Regina.

### Industrialización

Del proceso de industrialización se obtuvieron los siguientes productos

Canteados, proceso mediante el cual se le realizan seis u ocho cortes longitudinales a la troza.

Torneado, se somete a la troza a un proceso de torneado.

Dimensionado, se llevan las trozas a medidas preestablecidas, dependiendo de las características de la troza

### Unidades de medición utilizadas

| Magnitud | Nombre       | Símbolo |
|----------|--------------|---------|
| Longitud | Milímetro    | mm      |
| Longitud | Metro        | m       |
| Masa     | Kilogramo    | Kg      |
| Volumen  | Metro cubico | $m^3$   |

### **Determinación del rendimiento**

Analizar los rendimientos del proceso de aserrado implica estudiar previamente la materia prima que ingresa al aserradero y el volumen del producto obtenido (BOLFOR, 1997). Para determinar el rendimiento se procedió a medir el diámetro y largo de las trozas (rollos, despuntes) que llegaron al aserradero. La determinación del volumen de las trozas se realizó mediante fórmula apropiada, preferentemente fórmula de Smalian (ver procedimiento de medición y fórmula de cálculos en pág.13 - Determinación de volúmenes). Las diferentes mediciones se llevaron a cabo con cinta métrica, forcípula, calibre. El rendimiento del aserrío fue determinado mediante la cantidad de producto a

comercializar que se obtiene por cantidad de producto que ingresa. Este factor es llamado coeficiente de aserrado (Morales, 2007)

En base al volumen de materia prima con corteza utilizada ( $V_t$ ) y el volumen de tablas obtenidas de las trozas ( $V_a$ ) se determinó el rendimiento del aserrado con corteza ( $R$ ) en porcentaje, utilizando la siguiente expresión (Morales, 2007)

$$R = \frac{V_a}{V_t} 100$$

Donde:

$R$ : rendimiento del aserrío [%].

$V_a$ : volumen de tablas obtenidas de las trozas [ $m^3$ ].

$V_t$ : volumen de materia prima con corteza [ $m^3$ ].

Del volumen de los productos obtenidos por aserrío, se determinó, volumen de torneados, canteados, tablas, aserrín, virutas, costaneros, ya que todos son comercializados tanto para exportación, como para industria local como el aserrín y virutas empleados en la obtención de aceites esenciales.

#### Toma de muestras aserradero

Para tal fin se partió de una playa de rollo y despuntes, los cuales fueron trozados y clasificados según su longitud, diámetro y estado fitosanitario en 3 categorías a fin de definir su destino dentro del proceso.

Se realizó la cubicación y pesaje de los rollos en playa de acopio, y su correspondiente identificación, cuyos resultados se observan en la tabla 1.

Posteriormente se procedió al trozado y clasificación de los mismos mediante los criterios establecidos en cuanto a rectitud y estado fitosanitario.

Para una clara identificación los fustes fueron rotulados con número y luego clasificados, divididos o saneados, a las trozas resultantes se le identificó con el número padre y una letra, a los despuntes en primer lugar se identificó con una letra y luego letra y número.

Tabla 1. Identificación, pesaje y cubicación de rollos en playa de acopio, donde DPG (diámetro punta gruesa), DPF (diámetro punta fina).

| <i>ID</i> | <i>DPG (cm)</i> | <i>DPF (cm)</i> | <i>Longitud inicial (m)</i> | <i>Peso Inicial (kg)</i> | <i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i> |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 1         | 48,9            | 40              | 4,08                        | 644,5                    | 0,639                          |
| 2         | 40              | 30,9            | 4,35                        | 396,5                    | 0,436                          |
| 3         | 30              | 24,5            | 4,9                         | 259,5                    | 0,289                          |
| 4         | 37              | 31              | 5,45                        | 520                      | 0,498                          |

|              |      |      |      |               |              |
|--------------|------|------|------|---------------|--------------|
| 5            | 45,1 | 31,2 | 6,5  | 817,5         | 0,767        |
| 6            | 36,9 | 29,2 | 2,64 | 249           | 0,229        |
| 7-A          | 65,1 | 59   | 2,68 | 906           | 0,812        |
| 7-B          | 59   | 46,6 | 2,88 | 720           | 0,639        |
| 8            | 67   | 57   | 5,01 | 1368,5        | 1,522        |
| <b>Total</b> |      |      |      | <b>5881,5</b> | <b>5,832</b> |

En cuanto a la muestra de despuntes se realizó únicamente la cubicación y pesaje, e ingresaron al proceso productivo. Los resultados de las mediciones realizadas se observan en tabla 2.

Tabla 2. Identificación, pesaje y cubicación de despuntes en playa de acopio, donde DPG (diámetro punta gruesa), DPF (diámetro punta fina).

| <i>ID</i>    | <i>DPF (cm)</i> | <i>DPG (cm)</i> | <i>Longitud inicial (m)</i> | <i>Peso Inicial (kg)</i> | <i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i> |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| A            | 36,5            | 25              | 3,3                         | 212,5                    | 0,254                          |
| B            | 19,5            | 26,2            | 1,9                         | 85,5                     | 0,080                          |
| C            | 21              | 25,8            | 2,39                        | 112,5                    | 0,104                          |
| D            | 27              | 27,9            | 2,05                        | 121                      | 0,121                          |
| E            | 16              | 18              | 1,01                        | 24,5                     | 0,023                          |
| F            | 20              | 20,7            | 1,54                        | 57                       | 0,050                          |
| G            | 22,1            | 26,5            | 3,2                         | 166,5                    | 0,150                          |
| H            | 19,6            | 21              | 2,11                        | 67                       | 0,068                          |
| I            | 19,2            | 23              | 1,71                        | 63,5                     | 0,060                          |
| J            | 19              | 22              | 2,74                        | 97,5                     | 0,091                          |
| K            | 25,5            | 28,5            | 1,67                        | 92,5                     | 0,096                          |
| L            | 21,5            | 26,5            | 3,4                         | 148,5                    | 0,155                          |
| M            | 29              | 30,9            | 2,6                         | 188                      | 0,183                          |
| N            | 34,7            | 38              | 1,1                         | 127                      | 0,114                          |
| O            | 37,4            | 25,2            | 2,33                        | 177,5                    | 0,186                          |
| P            | 19              | 25,3            | 2,24                        | 99                       | 0,088                          |
| Q            | 22,6            | 25              | 0,89                        | 41,5                     | 0,040                          |
| R            | 23,9            | 25,8            | 0,84                        | 47                       | 0,041                          |
| S            | 21              | 24,9            | 1,05                        | 46                       | 0,044                          |
| <b>Total</b> |                 |                 |                             | <b>1974,5</b>            | <b>1,947</b>                   |

#### Criterios de clasificación del destino según características de la troza

Destino, rollo torneado, despunte torneado.

Trozas recta

Diámetro: 17 cm a 50 cm, longitud: 130 a 180 cm.

Estado fitosanitario

Bueno: No presenta deterioro de médula.

### Destino, rollo canteado 6 u 8 caras.

Trozas rectas

Diámetro: mayor a 30 cm, longitud mínima 200 cm, máxima: 300 cm.

Estado fitosanitario

Regular: Presenta degradación de medula, con perforación con un diámetro inferior a 5 cm y una profundidad no mayor a 10 cm.

### Destino madera dimensionada

Diámetro: mayor a 30 cm, longitud mínima: 30 cm. Productos de los saneamientos de rollos y despuntes, rollo y despuntes con estado sanitario malo, con perforaciones de diámetro mayores a 5 cm, con medula comprometida o degradada, en todo el largo de la troza.

Los rollos que por su estado fitosanitario fueron clasificados a canteados (fig. 15), se les realizaba canteado de 6 u 8 caras, según disposiciones vigentes (fig. 16). Aquellas trozas clasificadas a torneado se las ubica en el torno (fig.17) y se las somete a este proceso dando fuste o despunte torneado según su procedencia (fig. 18).



Figura 15 y 16. Fuste identificado como 7A, el cual fue destinado a canteado.

Los despuntes y rollos que por el proceso de saneamiento cumplían las condiciones de medida y estado fitosanitario ingresaban al torno (fig. 17), para la obtención del producto torneado (fig. 18).



Figura 17. Proceso de torneado.



Figura 18. Troza torneada.

## Determinación de volúmenes

### Cubicación (Rollo, Trozas, Canteados y Torneados)

Para la cubicación, se deben tener en cuenta algunos criterios básicos que faciliten el trabajo y brindar una precisión en la estimación de los volúmenes de las trozas. Toda troza de madera por tener forma geométrica irregular dificulta estimar su volumen con precisión, pero existen mecanismos y fórmulas matemáticas que nos permite calcular su volumen con exactitud.

En este estudio el volumen de las trozas se determinó con la fórmula de Smalian (Hallock *et al.*, 1979).

$$V = \frac{(B+b)}{2} L$$

Donde:

$V$ : volumen de las trozas [ $m^3$ ].

$B$ : área mayor de los extremos de las trozas [ $m^2$ ].

$b$ : área menor de los extremos de las trozas [ $m^2$ ].

$L$ : longitud de las trozas [ $m$ ].

### Cubicación de dimensionados (Tablas)

Una vez terminados los correspondientes procesos se realizó el pesaje de los productos terminados.

La medición de la madera aserrada se realiza midiendo la longitud total de cada una de sus dimensiones y aplicando la siguiente fórmula:

$$V = e \cdot a \cdot l$$

Donde:

$V$ : volumen de las tablas de madera aserrada [ $m^3$ ].

$e$ : espesor de las tablas de madera aserrada [ $m$ ].

$a$ : ancho de las tablas de madera aserrada [ $m$ ].

$l$ : longitud de las tablas de madera aserrada [ $m$ ].

Luego del aserrado o torneado de las trozas y despuntes, nuevamente se procedió al pesaje y medición de los diferentes productos, obteniendo de cada uno volumen y peso, los cuales se detallan a continuación en las correspondientes tablas.

Tabla 3. Dimensiones, cubicación y pesaje de canteados de 6-8 caras obtenidos de fuste. donde DPG (diámetro punta gruesa), DPF (diámetro punta fina).

| Trozas       | Longitud (m) | DPG (cm) | DPF (cm) | Volumen de entrada (m <sup>3</sup> ) | Peso de salida (kg) | DPG salida (cm) | DPF salida (cm) | Volumen de salida (m <sup>3</sup> ) |
|--------------|--------------|----------|----------|--------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 1a           | 2,49         | 48,9     | 40,3     | 0.392                                | 368,5               | 43,4            | 37,9            | 0,324                               |
| 2a           | 2,34         | 32,3     | 30,9     | 0.18                                 | 146                 | 29,1            | 26,7            | 0,143                               |
| 2b           | 1,99         | 40       | 32,3     | 0.206                                | 158,5               | 31,3            | 29,2            | 0,143                               |
| 3b           | 3,39         | 30       | 24       | 0.196                                | 122                 | 24,7            | 23,9            | 0,157                               |
| 4a           | 2,49         | 30,5     | 31,8     | 0.190                                | 2,18                | 33,2            | 30,4            | 0,198                               |
| 4b           | 1,56         | 34       | 31       | 0.130                                | 96,5                | 28,5            | 28              | 0,098                               |
| 5b           | 2,24         | 39,1     | 45,1     | 0.313                                | 311                 | 42,5            | 36,1            | 0,273                               |
| 6a           | 2,64         | 36,9     | 29,2     | 0.229                                | 194                 | 34              | 24,1            | 0,180                               |
| 7a           | 2,68         | 65       | 59       | 0.811                                | 792,5               | 63,3            | 54,8            | 0,737                               |
| 7b           | 2,80         | 59       | 46,6     | 0.621                                | 590                 | 51,5            | 42,1            | 0,486                               |
| <b>Total</b> |              |          |          | <b>3,273</b>                         | <b>2781,18</b>      |                 |                 | <b>Total</b> <b>2,741</b>           |

Fuente: el autor.

Tabla 4. Dimensiones, cubicación y pesaje de torneados obtenidos de fustes, donde DPG (diámetro punta gruesa), DPF (diámetro punta fina).

| Trozas       | Longitud (m) | DPG (cm) | DPF (cm) | Volumen de entrada (m <sup>3</sup> ) | Peso de salida (kg) | DPG salida (cm) | DPF salida (cm) | Volumen de salida (m <sup>3</sup> ) |
|--------------|--------------|----------|----------|--------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 1b           | 1,59         | 40,3     | 40,3     | 0,203                                | 189                 | 36              | 34,7            | 0,156                               |
| 3a           | 1,50         | 30       | 28,1     | 0,099                                | 81,5                | 24,8            | 24              | 0,070                               |
| 4c           | 1,42         | 37       | 31       | 0,130                                | 72                  | 24,3            | 23,9            | 0,065                               |
| 5a           | 1,45         | 38,9     | 40,6     | 0,180                                | 144                 | 33,9            | 33,2            | 0,128                               |
| 5c           | 1,37         | 35,3     | 31,3     | 0,120                                | 97                  | 29              | 28,1            | 0,088                               |
| 5d           | 1,34         | 34,4     | 38,8     | 0,141                                | 116                 | 33,4            | 32,4            | 0,114                               |
| <b>Total</b> |              |          |          | <b>0,873</b>                         | <b>699,5</b>        |                 |                 | <b>Total</b> <b>0,620</b>           |

Fuente: el autor.

Tabla 5. Dimensiones, cubicación y pesaje de madera dimensionada obtenida de fuste, donde DPG (diámetro punta gruesa), DPF (diámetro punta fina).

| Trozas | Longitud (m) | DPG (cm) | DPF (cm) | Vol. entrada | peso de salida (kg) | Vol. Salida |
|--------|--------------|----------|----------|--------------|---------------------|-------------|
| 8      | 5.01         | 67       | 57       | 1.522        | 422,8               | 0.376       |

Fuente: el autor.

Tabla 6. Dimensiones, cubicación y pesaje de torneado obtenida de despuntes, donde DPG (diámetro punta gruesa), DPF (diámetro punta fina).

| Trozas | Longitud (m) | Volumen de entrada (m <sup>3</sup> ) | Peso de salida (Kg) | DPF (cm) | DPG (cm) | Volumen de salida (m <sup>3</sup> ) |
|--------|--------------|--------------------------------------|---------------------|----------|----------|-------------------------------------|
| c1     | 1,425        | 0,06                                 | 60                  | 22,3     | 23,2     | 0,056                               |

|              |             |              |      |      |      |              |
|--------------|-------------|--------------|------|------|------|--------------|
| d1           | 1,29        | 0,06         | 55,5 | 21,8 | 21   | 0,048        |
| f            | 1,54        | 0,05         | 55,5 | 17,9 | 17,2 | 0,039        |
| g1           | 1,28        | 0,06         | 54,5 | 21,5 | 23,7 | 0,046        |
| j1           | 1,36        | 0,05         | 39   | 19   | 19   | 0,039        |
| n            | 1,1         | 0,11         | 108  | 34,8 | 33   | 0,105        |
| o1           | 1,24        | 0,10         | 54   | 22,7 | 24,6 | 0,050        |
| <b>Total</b> | <b>0,50</b> | <b>426,5</b> |      |      |      | <b>0,382</b> |

Fuente: el autor.

Tabla 7. Dimensiones, cubicación y pesaje de dimensionado obtenido de despunte.

| Id           | Volumen Entrada (m³) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Longitud (m) | Nº tablas | Peso Final (Kg) | Volumen Final (m³) |
|--------------|----------------------|--------------|------------|--------------|-----------|-----------------|--------------------|
| A            | 0,254                | 2,65         | 14,1       | 1,09         | 10        | 49              | 0,041              |
|              |                      | 2,65         | 14         | 0,76         | 8         | 32              | 0,023              |
|              |                      | 2,3          | 9          | 0,98         | 3         | 8               | 0,006              |
|              |                      | 2,6          | 6,2        | 0,95         | 9         | 18              | 0,014              |
| B            | 0,08                 | 2,5          | 14         | 0,9          | 4         | 17              | 0,012              |
|              |                      | 2,5          | 9          | 1,1          | 5         | 17              | 0,012              |
|              |                      | 2,66         | 9          | 0,8          | 6         | 14              | 0,011              |
|              |                      | 2,9          | 6,7        | 0,71         | 2         | 4               | 0,003              |
| C            | 0,044                | 2,6          | 9,1        | 0,78         | 4         | 10              | 0,007              |
|              |                      | 2,5          | 6,5        | 0,72         | 3         | 5               | 0,004              |
| E            | 0,023                | 2,55         | 6          | 0,89         | 3         | 6               | 0,004              |
| G            | 0,09                 | 2,68         | 14         | 1,11         | 3         | 17              | 0,012              |
|              |                      | 2,88         | 14         | 0,8          | 9         | 34              | 0,029              |
|              |                      | 2,66         | 14         | 0,58         | 2         | 7               | 0,004              |
|              |                      | 2,68         | 9          | 0,96         | 2         | 7               | 0,005              |
|              |                      | 2,59         | 6          | 0,55         | 4         | 5               | 0,003              |
| H            | 0,068                | 2,66         | 9          | 0,82         | 6         | 16              | 0,012              |
|              |                      | 2,43         | 6,3        | 0,65         | 2         | 3               | 0,002              |
| I            | 0,06                 | 2,56         | 9          | 0,74         | 6         | 13              | 0,01               |
|              |                      | 2,56         | 9          | 0,49         | 3         | 5               | 0,003              |
|              |                      | 2,68         | 6          | 0,83         | 2         | 5               | 0,003              |
| J            | 0,041                | 2,63         | 9          | 0,82         | 3         | 9               | 0,006              |
|              |                      | 2,56         | 9          | 0,42         | 5         | 8               | 0,005              |
|              |                      | 2,6          | 6,2        | 0,58         | 2         | 4               | 0,002              |
| K            | 0,096                | 2,58         | 14,8       | 0,9          | 6         | 25              | 0,021              |
|              |                      | 2,62         | 9,2        | 0,55         | 3         | 5               | 0,004              |
|              |                      | 2,7          | 6          | 0,84         | 2         | 5               | 0,003              |
|              |                      | 2,58         | 6,3        | 0,45         | 4         | 5               | 0,003              |
| L            | 0,155                | 2,6          | 14,1       | 1,02         | 3         | 15              | 0,011              |
|              |                      | 2,62         | 14,1       | 0,59         | 3         | 8               | 0,007              |
|              |                      | 2,57         | 8,8        | 1            | 4         | 13              | 0,009              |
|              |                      | 2,45         | 8          | 0,87         | 5         | 14              | 0,009              |
|              |                      | 2,67         | 8,9        | 0,7          | 6         | 14              | 0,01               |
|              |                      | 2,5          | 9,2        | 0,48         | 3         | 5               | 0,003              |
| M            | 0,183                | 2,4          | 6,2        | 1            | 4         | 7               | 0,006              |
|              |                      | 2,65         | 14         | 0,9          | 6         | 27              | 0,02               |
|              |                      | 2,9          | 14         | 0,72         | 11        | 38              | 0,032              |
|              |                      | 2,54         | 9,1        | 0,9          | 6         | 17              | 0,012              |
| O            | 0,086                | 2,5          | 6,2        | 0,75         | 4         | 7               | 0,005              |
|              |                      | 2,54         | 9          | 0,73         | 7         | 22              | 0,012              |
|              |                      | 2,6          | 8,9        | 0,65         | 7         | 15              | 0,011              |
|              |                      | 2,7          | 9,2        | 0,43         | 3         | 5               | 0,003              |
| P            | 0,088                | 2,74         | 6,7        | 0,95         | 1         | 4               | 0,002              |
|              |                      | 2,6          | 13,8       | 0,88         | 2         | 10              | 0,006              |
|              |                      | 2,62         | 9,2        | 0,92         | 4         | 12              | 0,009              |
|              |                      | 2,6          | 9,1        | 1,16         | 2         | 9               | 0,005              |
|              |                      | 2,53         | 6,2        | 1,04         | 3         | 8               | 0,005              |
| Q            | 0,04                 | 2,58         | 8,8        | 0,63         | 1         | 4               | 0,001              |
|              |                      | 2,56         | 9,4        | 0,65         | 5         | 13              | 0,008              |
| R            | 0,041                | 2,58         | 6,3        | 0,8          | 3         | 7               | 0,004              |
|              |                      | 2,52         | 9,2        | 0,8          | 1         | 5               | 0,002              |
| S            | 0,044                | 2,5          | 9          | 0,98         | 3         | 11              | 0,007              |
|              |                      | 2,55         | 9          | 0,86         | 1         | 4               | 0,002              |
|              |                      | 2,58         | 6,1        | 0,78         | 2         | 5               | 0,002              |
| <b>TOTAL</b> | 1,39                 |              |            |              | 21        | 652             | 0,47               |

Fuente: el autor.

## Análisis de datos Obtenidos

Para la obtención de los porcentajes de rendimiento, se relacionó el volumen de entrada de cada troza y de cada troza según proceso de industrialización con el volumen de salida correspondiente. El porcentaje de rendimiento del total de los fustes luego del proceso de industrialización fue del 66%, el 34% restante corresponde a aserrín y descarte, en cambio para los despuntes el rendimiento de industrialización fue del 45%, con un 55% de aserrín y descarte.

Tabla 8. Porcentajes de rendimientos obtenidos dependiendo de las trozas (rollo o despunte).

|                  | Volumen entrada m <sup>3</sup> | Volumen Salida m <sup>3</sup> | Rendimiento % |
|------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------|
| <b>Rollos</b>    | 5,68                           | 3,74                          | <b>66</b>     |
| <b>Despuntes</b> | 1,893                          | 0,85                          | <b>45</b>     |

De los fustes que ingresaron al proceso de torneado se ha obtenido un 71% de rendimiento, de los que ingresaron a canteado 84% de rendimiento y de los que se destinaron a dimensionado se obtuvo un 25% de rendimiento.

Tabla 9. Porcentajes de rendimiento obtenidos dependiendo del proceso dado a los rollos.

| Proceso      | % de Rendimiento |
|--------------|------------------|
| Torneado     | 71               |
| Canteado     | 84               |
| Dimensionado | 25               |

Fuente: el autor.

Del total de despuntes ingresados al torno se obtiene un 76% de producto torneado, y del total de producto ingresado al proceso de dimensionado de obtiene un total de 33% de tablas dimensionadas. El proceso de canteado no se lleva a cabo en los despuntes debido a las longitudes menores de las trozas.

Tabla 10. Porcentajes de rendimiento obtenidos dependiendo del proceso dado a los despuntes.

| Proceso      | % de Rendimiento |
|--------------|------------------|
| Torneado     | 76               |
| Dimensionado | 33               |

Fuente: el autor.

Del Volumen total de las trozas ingresadas al predio, se obtuvo un rendimiento del 61% en el proceso de industrialización, los mayores rendimientos se dieron en los procesos de canteado de los fustes, ya que las trozas que ingresan a este proceso en general son de buena calidad, el bajo rendimiento en el dimensionado se debe a que las trozas

empleadas en este caso fueron fustes y despuntes de mala calidad los cuales no clasificaron para canteado o torneado ya sea por su forma o estado fitosanitario.

Tabla 11. Peso y Volumen de los productos antes y después del proceso de industrialización y rendimiento obtenido.

| Trosas           | peso de entrada (Kg) | peso de salida (Kg) | Rendimiento peso | Volumen entrada | Volumen salida | Rendimiento volumen |
|------------------|----------------------|---------------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------|
| <b>Fustes</b>    | 5880,3               | 3903,48             |                  | <b>5,68</b>     | <b>3,74</b>    |                     |
| <b>Despuntes</b> | 1974,5               | 1078,5              |                  | <b>1,893</b>    | <b>0,85</b>    |                     |
| <b>Total</b>     | <b>7855</b>          | <b>4982</b>         | <b>63%</b>       | <b>7,57</b>     | <b>4,59</b>    | <b>61%</b>          |

Fuente: el autor.

Cabe aclarar que el 39% del volumen restante pertenece a aserrín, viruta, despuntes de descartes, costaneros, los cuales pueden ser utilizados para la obtención de aceite esencial, dicha industrialización, está siendo estudiada, debido a que estos residuos de la industrialización son de baja calidad y la destilación por arrastre por el momento no es un método rentable por la baja obtención de aceite a partir de estos productos.

### Comparación del rendimiento en la industrialización de diferentes especies y trosas

En el siguiente grafico (fig. 19) se observa el porcentaje de rendimiento en la industrialización de otras especies, los subproductos que no se observan de algunas especies o trozas se obviaron ya que no se encontraron datos formales o científicos. Los datos se obtuvieron del Sistema de Autogestión para la Foresto Industria (SAFI), del Ministerio de Producción del Chaco.

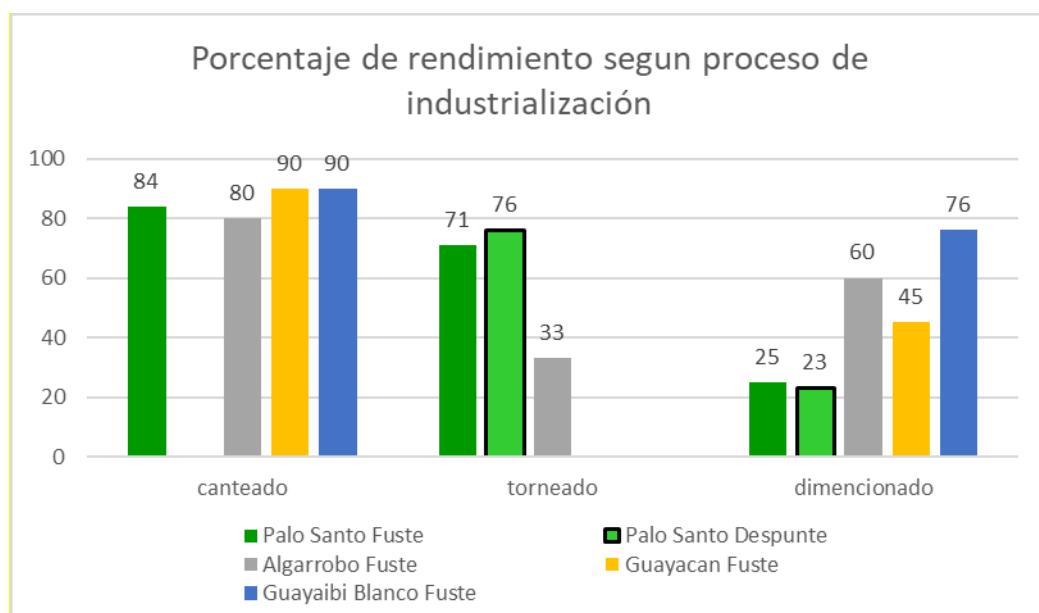


Figura 19. Porcentaje de rendimiento de la industrialización, de diferentes especies y trozas (SAFI, 2023).

Analizando los datos obtenidos en el grafico se observa que el menor porcentaje en canteado de Palo Santo Fuste se debe a que la calidad de los fustes generalmente no es excelente con respecto a la de las demás especies, esto influye directamente en el rendimiento del proceso, generalmente de realiza un saneamiento al inicio el cual disminuye su peso, en el proceso de torneado la calidad de los despuntes y fustes que llegan a este proceso generalmente es de máxima calidad la cual se ve reflejado en los porcentajes de rendimientos, generalmente se priorizan los fustes y despuntes de mayor calidad para los procesos de canteado y torneado, quedando de esta manera fustes y despuntes de baja calidad y trozas proveniente del saneamiento, para el proceso de dimensionado, esto da como resultado un bajo porcentaje en el rendimiento del mismo.

Al comparar los rendimientos de los procesos del Palo Santo con los de otras especies, se puede observar que se encuentran en niveles similares en el proceso de canteado de fuste. Sin embargo, en el torneado de fuste y despunte, el rendimiento es significativamente mayor en el Palo Santo, esto se debe principalmente a la excelente calidad de las trozas seleccionadas para este proceso. Por otro lado, en el dimensionado, el rendimiento es considerablemente menor en el Palo Santo debido a la baja calidad de las trozas que se utilizan en este proceso.

#### • Conclusión

El rendimiento del aserrado de Palo Santo, varía según el proceso de industrialización al que se destina la troza, el rendimiento general fue del 61%, pero si vemos los valores de rendimiento de cada proceso, el menor rendimiento se obtuvo en el dimensionado (25% en fuste y 23% en despunte) esto se debe a que en este proceso se destinan las trozas de menor calidad (huecos, medula deteriorada, etc.). Los demás destinos dieron rendimientos de, Fuste torneado 71%, Fuste canteado 84% y Despunte torneado 76% Lo que me permite afirmar que el rendimiento del aserrío de las trozas va estar influenciado principalmente por la calidad de la troza, y las dimensiones de la misma, ya que estas son determinantes en la elección del proceso de industrialización al que serán sometidas. Es importante destacar que, en el mercado, la demanda se enfoca principalmente en canteado o torneado, mientras que el dimensionado tiene menor importancia. Esto debe ser considerado al momento de planificar la producción y comercialización de la madera de Palo Santo. Los datos obtenidos son relevantes para optimizar la producción y satisfacer la demanda del mercado de manera eficiente.

#### • Bibliografía

- Bolfor, P. (1997). Estudio de Rendimiento, Tiempos y Movimientos en el Aserrío. *Manual Práctico*. Santa Cruz, Bolivia.
- Brown, N. C. y J. S. Bethel. (1987). *La industria maderera*. México, México: Limusa.
- Jacobs, H. 1990. Vegetationsanalytische und strukturelle Untersuchungen einer regengrünen Trockenwaldvegetation im östlichen Bereich des zentralen Chacos unter Berücksichtigung des Einflusses der Viehweide. Diplomarbeit der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen. 113 p.
- Morales, A. (2007). Rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de caoba (*Swietenia macrophylla*). Tesis. San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Quiros Herrera, R. (1990). Optimización del proceso de aserrío en madera de cortas dimensiones en el Pacífico. Tesis. Turrialba, Costa Rica.

SAFI. 2023. *Rendimientos de productos*. Sistema de Autogestión para la Foresto Industria (SAFI), Ministerio de Producción del Chaco. Recuperado el 03/08/2023 de <https://guiaforestal.chaco.gov.ar/productos/>

Soto Aguirre, J., A. Méndez y G. Páez. (2000). Evaluación económica y ambiental de residuos forestales. *Forestal Centroamericana*.

Tortorelli, L.A. (1956). Maderas y Bosques argentinos. Buenos Aires, Argentina, ACME. 910 p.

WWF Paraguay. *Bulnesia sarmientoi* Lorentz ex Griseb., (Zygophyllaceae): estudio de base para su inclusión en el Apéndice II de la Convención CITES. Recuperado el 21/09/23.[https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/publicacion\\_sobre\\_palo\\_santo.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/publicacion_sobre_palo_santo.pdf)