



**“Transformación mecánica de especies nativas en un
aserradero de Salta: relevamiento parcial del proceso y
propuesta preliminar de mejora”**

Alumno: Juan Santiago PONCE

Legajo: 26996/6

DNI: 35598006

Dirección de correo electrónico: santiponce_12@hotmail.com

Teléfono: (0)2954-15-619502

Director: M. Sc. Ingeniero Forestal Gabriel Darío KEIL.

Profesor Titular Ordinario

Co Directora: Ingeniera Forestal María Mercedes REFORT

Ayudante Diplomada Ordinaria

Áreas de Trabajo

Laboratorio de Investigaciones en Madera (LIMAD)

Xilotecología e Industrias de Transformación Mecánica

Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal

Lugar y Fecha de Presentación: La Plata, 8 de Mayo de 2018

MODALIDAD

Investigación en cualquiera de los campos de las Ciencias Agrarias y Forestales

RESUMEN

En Tartagal, Salta y zonas aledañas, la foresto-industria constituye un sector con más de 100 años de historia en la producción y transformación de maderas duras de especies nativas de la región de las Yungas y Parque Chaqueño. Los años de experiencia productiva han permitido la generación de un vasto conocimiento empírico local, pero la casi nula participación de expertos y profesionales generó una retracción en el proceso de innovación tecnológica, especialmente respecto de tecnología de proceso y organización. El objetivo del trabajo fue realizar un análisis crítico del proceso de transformación mecánica en el aserradero Santa Clara Maderas SRL de Tartagal, caracterizando las especies maderables aserradas (año 2017), describiendo los aspectos más relevantes del proceso industrial y su tecnología, determinando rendimientos y eficiencia en aserrado por especie. Las especies estudiadas fueron: cebil (*Anadenantera macrocarpa*), cedro (*Cedrela spp*), quina (*Myroxylon peruiferum*) y urundel (*Astronium urundeuva*). Mediante la puesta en común con los ingenieros encargados del proyecto, el propietario, el encargado de contabilidad y el capataz del aserradero se analizaron los resultados del estudio, y luego en gabinete se formularon posibles soluciones para aumentar los rendimientos y la eficiencia, que en algunas especies se mostraron muy por debajo de la bibliografía consultada e incluso con datos que manejaban en el propio aserradero. Como principales limitantes se identificaron: la tecnología, con maquinaria de 40-50 años; la organización de tareas y la falta de mantenimiento periódico de los equipos. Por otro lado, la calidad de las trozas, en rectitud y sanidad, fue muy baja respecto a las que suelen usar en otras épocas del año, ya que en la época del estudio se estaba procesando el remanente del aprovechamiento del año anterior, influyendo fuertemente la baja de rendimientos.

TÍTULO

“Transformación mecánica de especies nativas en un aserradero de Salta: relevamiento parcial del proceso y propuesta preliminar de mejora”

INTRODUCCIÓN

En el año 2007 se sancionó la Ley Nacional 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, la cual tiene como objetivo “Promover la conservación mediante el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (OTBN) y la regulación de la expansión de la frontera agropecuaria y de cualquier otro cambio de uso del suelo” - Art.3°, Inciso a - (Ley de Bosques, 2016).

La Ley propone que las categorías de conservación de los bosques nativos sean las siguientes:

- **Categoría I (rojo):** sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse. Incluye áreas que por sus ubicaciones cercanas a reservas, su valor de conectividad, la presencia de valores biológicos sobresalientes y/o la protección de cuencas que ejercen, ameritan su persistencia como bosque a perpetuidad, aunque estos sectores puedan ser hábitat de comunidades de pueblos originarios y ser objeto de investigación científica.

- **Categoría II (amarillo):** sectores de mediano valor de conservación, que pueden estar degradados pero que a juicio de la autoridad de aplicación jurisdiccional con la implementación de actividades de restauración pueden tener un valor alto de conservación y que podrán ser sometidos a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica.

- **Categoría III (verde):** sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad aunque dentro de los criterios de la presente ley.

Cada provincia, mediante Ley Provincial, se adhiere a la Ley Nacional y debe realizar un Ordenamiento Territorial, donde se realiza un censo de la cantidad y calidad de bosques nativos que poseen y también incluyen a la totalidad o parcialidad de su territorio dentro de las 3 categorías que establece la Ley. Actualmente todas las provincias del país tienen realizado el Ordenamiento Territorial, incluidas las provincias de la región NOA (tabla 1, en Apéndice).

La región del NOA está integrada, en parte por las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán. La misma presenta una gran diversidad ambiental ya que combina climas subtropicales y templados con distintos niveles de precipitación por lo que se identifican 3 subregiones:

Subregión oeste, de topografía quebrada con relieve de sierras y llanuras de altura, clima semiárido de altura a seco y con gran amplitud térmica (-12°C y 25°C). El régimen de lluvia se encuentra entre 170 a 900 mm, y según la altitud puede llegar hasta los 4000 metros.

Subregión centro, es la zona de mayor aptitud forestal. La vegetación es de selva sub-tropical, denominada Yunga. Presenta una densa red de cursos hidrográficos, que finalmente confluyen en los ríos Bermejo, Juramento y Salí. Esta región cuenta además con 3 Parques Nacionales, que abarcan una superficie de 188.000 ha. Clima: subtropical húmedo. Las temperaturas oscilan entre 19°C y 23°C según la altitud. Lluven aproximadamente 2.000 mm al año. Esta subregión presenta 4 ambientes: valles templados; selva y pastizales de altura; sierra con vegetación de chaco y bosques de transición; Piedemontes húmedos. Esta zona, cuenta con

incentivos especiales para la radicación y el desarrollo de actividades foresto industriales (Spavento, 2011).

Subregión este, con topografía uniforme, prolongación de la llanura Chaco pampeana. Los cursos de agua más importantes son el Bermejo y el Pilcomayo. Se registran altas temperaturas estivales, con máximas absolutas que superan los 48°C, y lluvias concentradas en esta época. Las precipitaciones presentan un marcado gradiente del oeste hacia el este que va de los 1.300 mm a los 500 mm, con valores mínimos cercanos a los 300 mm (NOA Forestal, 2017).

La superficie con bosques nativos en la Región NOA es de más de 15 millones de ha (tabla 2, en Apéndice), representando aproximadamente la mitad del total nacional. El 78% de los bosques nativos en el NOA tienen las características de la región natural del Parque Chaqueño. Cerca del 87% de estos bosques se encuentran en las Provincias de Salta (46%) y Santiago del Estero (41%), le siguen en importancia Jujuy (6%), Tucumán (5%) y Catamarca (2%).

El principal destino de la explotación de bosques nativos en el NOA es la extracción de productos forestales primarios (Spavento, 2011). Entre estos se destacan la leña para carbón (533.600 ton), la leña como tal (98.300 ton) y rollizos (90.800 ton) (tabla 3, en Apéndice).

Según Humano et al (2016), la selva de las Yungas ha sido por décadas la proveedora de maderas de alta calidad, debido a su extensión y las especies de alto valor maderable que componen su estructura forestal (SDSyPA, 2001). La demanda de madera de especies forestales tradicionales de las Yungas, tales como *Cedrela balansae* (cedro), *Tabebuia impetiginosa* (lapacho) y *Myroxylon peruiferum* (quina), va en aumento dada la situación económica actual con mercados favorables para la exportación y, a la vez, por el incremento del consumo interno debido a la disminución de importaciones de países vecinos (Bolivia, Paraguay y Brasil) (Minetti, 2006). La

transformación actual de la Selva Pedemontana, provoca que las áreas remanentes presenten un fuerte proceso de simplificación estructural, insuficiente para asegurar la persistencia de su biodiversidad a largo plazo (Brown y Malizia, 2004). Los aprovechamientos forestales se basan en cortas selectivas, que no son acompañadas por tratamientos silvícolas que garanticen la recuperación y preservación de la capacidad productiva del bosque (Brown et al, 2005).

Como consecuencia de lo antedicho, la actividad forestal de aprovechamiento de los bosques nativos en la provincia de Salta se encuentra en recesión, observándose aserraderos abandonados, otros con bajos niveles de producción y un número menor de establecimientos con producciones considerables pero sin llegar a cubrir la totalidad de su capacidad. El parque industrial maderero cuenta con maquinarias y tecnología, en la mayoría de los casos, obsoleta o muy antigua. Desde fines de 1980, el sector maderero comenzó una lenta decadencia, la cual se acentuó en los últimos 10 años, debido fundamentalmente a la disminución de las existencias maderables y a la menor calidad de la materia prima extraída (Minetti, 2002).

Asimismo, en las zonas aledañas a la ciudad de Tartagal la foresto-industria constituye un sector con más de 100 años de historia en lo que a producción y transformación de maderas duras de especies nativas de la región de las Yungas y Chaco respecta. Estos años de experiencia productiva han permitido la generación de un vasto conocimiento empírico local, pero la pobre participación de expertos y profesionales ha generado una retracción en el proceso de innovación tecnológica (especialmente respecto de tecnología de proceso y organización). En este sentido, técnicos del Ministerio de Agroindustria y del INTA participan en el desarrollo de iniciativas que promueven la sustentabilidad, la articulación y el comercio justo de esta actividad productiva.

Por todo lo anteriormente mencionado surgió el presente Trabajo Final de Carrera a través de la articulación de una actividad académica en el medio productivo, entre la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, el Ministerio de Agroindustrias de Nación con Extensionistas residentes en la zona y el INTA Agencia de Extensión Rural Tartagal, para el análisis integral en la Planta Industrial de la empresa Santa Clara Maderas SRL.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis crítico preliminar del proceso de transformación mecánica en un aserradero de especies nativas de la región de las Yungas, ubicado en el norte de la provincia de Salta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar, en términos dendrológicos y tecnológicos, a las especies maderables que se procesan en el aserradero, mediante recopilación bibliográfica.
2. Describir los aspectos más relevantes del proceso industrial actual y su tecnología.
3. Determinar, en forma puntual, rendimiento y eficiencia en aserrado por especie.
4. Elaborar una lista de propuestas para mejorar el funcionamiento de la planta y el rendimiento en aserrado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del trabajo abarcó 4 temáticas, a saber:

1- Caracterización de las especies

Se trabajó con madera de especies nativas de la región de las Yungas, provenientes de montes arrendados del norte de la provincia de Salta. Las especies de estudio se seleccionaron a partir de los pedidos que la empresa Santa Clara Maderas

SRL había tomado al momento de la actividad (año 2017). Las especies estudiadas fueron: cebil (*Anadenantera macrocarpa*), cedro (*Cedrela spp*), quina (*Myroxylon peruiferum*) y urundel (*Astronium urundeuva*). Mediante la consulta y análisis de la bibliografía existente, se recopilaron las características biológicas, dendrológicas y tecnológicas más relevantes de las especies nativas que se procesaron en 2017 en la planta industrial de estudio.

2- Proceso industrial y su tecnología

Se describió el proceso de aserrado empleado para procesar las maderas de las especies antes mencionadas, incluyendo patio de acopio de rollizos, diagrama de flujo (*lay out*) del aserradero, máquinas, equipos, sistemas de corte y personal. Además, se identificaron la materia prima, los productos y los residuos de cada etapa del diagrama de flujo.

3- Rendimiento y eficiencia en aserrado

El nivel de aprovechamiento de la materia prima en general en un aserradero, depende en grado considerable de los métodos utilizados para la elaboración de la madera aserrada. Es importante mencionar que el costo de la materia prima puede sobrepasar el 60% de los costos de producción total de los aserraderos si se incluye el costo de transporte (FAO, 1989) y por ende, si la materia prima se utiliza de forma inadecuada va a influir negativamente en la eficiencia económica del establecimiento en la producción de madera aserrada. Paralelamente a esto, el procesamiento ineficiente de la troza aumenta la necesidad de materia prima y puede conducir al incremento de la tala, con posibles afectaciones al medio ambiente (Álvarez-Lazo et al, 2004).

Quiros (1990), citado por Coronel de Renolfi et al (2012) expresa que 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. Para determinar éste parámetro se inició identificando las especies que componen los rollizos a aserrar de manera numérica. Se determinó el diámetro en punta fina y en punta gruesa como promedio de dos mediciones cruzadas en cada una de las cabezas de la pieza (diámetro mayor y menor), y la longitud de un número variable de trozas de cada especie (16 trozas en Quina, 13 en Urundel, 13 en Cebil y 20 en Cedro). Tanto las mediciones de diámetro como de longitud fueron hechas con cinta métrica. Con estos datos, en gabinete, se cubicaron los rollizos empleando la fórmula de Smalian obteniéndose: volumen por rollizo y volumen total, en todos los casos sin corteza y con la longitud de troza despuntada. A la totalidad de las piezas aserradas obtenidas de las trozas por especie se les midió ancho, espesor y longitud. Con esos datos se obtuvieron los siguientes parámetros: volumen por pieza en pie^2 (que luego transformamos a m^3 para poder calcular rendimiento) y volumen total de madera aserrada producida, en metros cúbicos. Con los volúmenes de rollizos y de madera aserrada se obtuvieron el rendimiento por especie y el rendimiento parcial de cada escuadría de madera aserrada producida (INFOR, 1989).

Para obtener volumen (m^3) de cada troza mediante Smalian, se utilizó la siguiente fórmula:

$$V=(A+a)*L/2$$

Donde:

V= volumen de la troza (m^3)

A= área de la sección de diámetro mayor (m^2)

a= área de la sección de diámetro menor (m^2)

L= longitud de la troza (m)

El **rendimiento** fue calculado de la siguiente manera:

$$R (\%) = \text{Vol. madera aserrada (m}^3\text{)} / \text{Vol. rollizos (m}^3\text{)} \times 100$$

Según INFOR (1989), los factores que influyen en el rendimiento son: ancho de corte; esquema de corte; dimensiones de la madera aserrada; diámetro, largo, conicidad y calidad de la troza; sobredimensión de la madera verde; idoneidad del personal calificado que toma decisiones y las condiciones y mantención de los equipos.

La eficiencia fue calculada a partir del volumen de trozas procesadas por día y del número de operarios involucrados en procesar dicho volumen. Todos los cálculos se hicieron en base al muestreo realizado durante una sola época, abril – mayo de 2017.

$$E (\text{m}^3/\text{operario/día}) = \text{VT (m}^3/\text{día)} / \text{O}$$

Donde:

E= eficiencia; volumen de trozas procesadas por operario, por día. **VT**= volumen de trozas procesadas por día. **O**= número de operarios involucrados en el proceso.

Como complemento se realizaron gráficos de dispersión para comparar valores de volúmenes de trozas a partir de Smalian (como hicimos nosotros) vs. Punta fina (como lo realiza normalmente el capataz del aserradero) y determinar si la diferencia de valores es significativa estadísticamente. Además se realizó un gráfico de dispersión de Punta fina vs. Madera aserrada, para de esa manera observar si a un mayor volumen de troza tendremos un mayor volumen de madera aserrada. Todos los gráficos se realizaron para cada especie.

4- Propuesta para la mejora del funcionamiento de la planta y el rendimiento en aserrado

En base a la descripción del proceso productivo actual, la organización de actividades, el rendimiento, la eficiencia, los productos de mayor demanda, las características de la materia prima, el equipamiento, el personal y el manejo de los residuos, se hicieron una serie de propuestas preliminares que tienden a mejorar los distintos aspectos de la producción de madera aserrada en el aserradero Santa Clara Maderas SRL.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

1- Caracterización de las 4 especies

1.1 Quina

La quina pertenece a la familia Fabaceae (Legname, 1982), subfamilia Papilionoideae, tribu Sophoreae. Los ejemplares presentan hojas compuestas, de hasta 13 cm. de longitud, imparipinnadas, 3 a 11 folíolos oval-lanceolados, alternos de margen entero; flores hermafroditas, blanquecinas, de hasta 12 cm. de largo, agrupadas en racimos apanojados axilares, de 5 a 12 cm. de largo. Los frutos son sámaras asimétricas, amarillentas, de 5 a 7 cm. de largo por 1,5 a 2 cm. de ancho; con semilla apical, lisa, resinosa, con dos alas coriáceas y grueso nervio submarginal. Presenta una corteza rugosa, gruesa y de color castaño-grisáceo (Boelcke, 1981). Alcanza los 30 m de altura y hasta 1 m de diámetro en el tronco, con fuste esbelto de hasta 10 m de largo.

Su madera presenta una albura blanco-amarillenta, diferenciándose notablemente del duramen, que es castaño-rosado, tornándose lentamente rojizo. Su textura es mediana, homogénea y de grano entrelazado; con un veteado suave, a veces espigado, que va desapareciendo al homogeneizarse e intensificarse el color rojizo. Sus anillos de crecimiento anuales no son demarcados (Dimitri et al, 2000).

La madera es pesada (densidad: 980 kg/m³); muy dura. Por su característica dureza se señala como apropiada para construcciones hidráulicas (puentes, malecones, etc.), navales, civiles y militares. Se utiliza también en menor escala para hacer muebles de lujo que resultan sin embargo bastante pesados pero de alta durabilidad (Tortorelli, 2009). El secado de esta madera debe hacerse lentamente, tanto en el proceso de secado al aire libre como en hornos secadores (Dimitri et al, 2000). No es apta para tratamientos e impregnación, siendo naturalmente resistente para uso a la intemperie, durable en contacto con la tierra y humedad. Sus características de trabajabilidad son deficientes por su dureza y grano entrecruzado, que provocan inconvenientes al aserrar, cepillar, clavar, entre otros (Tortorelli, 2009)

1.2 Urundel

El urundel pertenece a la familia Anacardiaceae; posee hojas caducas, imparipinadas, de 13 a 20 cm de longitud total; de 5 a 7 pares de folíolos pubescentes en ambas caras, opuestos, elípticos, ovales o lanceolados, borde entero o levemente crenado, ápice mucronado, base a menudo oblicua; pinatinervados, nervadura central bastante visible, algo acanalada en el haz y prominente en el envés, nervios secundarios paralelos entre sí; peciólulo corto, 1-3 mm de longitud; insertos a dos cm de distancia entre sí; los folíolos miden 3 a 5 cm de longitud por 1,3 a 2,5 cm de anchura, raquis muy pubescente. Panojas de 15 a 20 cm de longitud. Fruto ovoide o esférico, de 2 a 5 mm de diámetro, negruzco, unido en la base al cáliz acrescente, que tiene 5 sépalos. Semilla castaño-amarillenta. Es especie heliófila, mesohigrofítica de temperamento robusto, crecimiento lento y longeva. Posee una corteza con grietas gruesas longitudinales con líneas horizontales formando cuadrados. Al calarlo exuda savia espesa y pegajosa color crema. Es un árbol que alcanza los 30 m. de altura y 1 m de diámetro.

La madera es pesada (densidad: 1150 kg/m³), dura, con alta resistencia mecánica y excelente durabilidad natural. De uso corriente en la construcción hidráulica, durmientes, acantilados, puentes y muelles por su alta durabilidad bajo el agua. Es apta para trabajos al torno. También se utiliza para tirantería, marcos de puertas y ventanas, postes de alambrados y telegráficos, durmientes, guardaganados, pilotes, bañaderos, puntales para minas, leña, carbón. Es apropiado para la fabricación de herramientas de carpintería (Tortorelli, 2009)

1.3 Cebil

El cebil pertenece a la familia Fabaceae, subfamilia Mimosoideae. Posee hojas caducas, alternas, con pinas multifoliadas, bipinadas, de 7 a 20 cm de largo. Sus flores son hermafroditas, sésiles con cinco pétalos y diez estambres dispuestos en capítulos axilares globosos de color crema-amarillento. El fruto es una legumbre glabra, lineal, coriácea, dehiscente por una sutura, comprimida, color castaño rojiza. Las semillas son de color castaño, lisas, generalmente entre 8 y 15 por fruto, comprimidas lateralmente, de alrededor de 1,5 cm de diámetro y de 0,125 gramos promedio cada una. Florece durante la primavera y fructifica desde principios de diciembre y hasta fin de verano. Es un árbol de 10 a 25 m de altura y tronco de hasta 0,60 m de diámetro, corteza rugosa mamelonada y suberosa oscura y ramas terminales delgadas, lenticeladas, castaño verdosas, glabrescentes. En la selva se lo encuentra entre los 400 y los 800 msnm, principalmente en los faldeos orientales.

La madera tiene una densidad media alta de 840 kg/m³, es dura y presenta altos valores resistentes a flexión estática, corte paralelo a las fibras, compresión perpendicular y paralelo a las fibras (Refort et. al; 2012).

Es usado primariamente en la fabricación de aperos, en la construcción, para puertas, marcos de ventanas, cercas, vigas, plataformas, pisos, durmientes. La

madera se reporta como fuente preferida de leña para cocinar. Muy usada para hacer cercas, resistentes a las termitas. Fue en su tiempo, usada para construir casas, pero cada vez es más difícil encontrar suficientes árboles para tal propósito (Tortorelli, 2009).

1.4 Cedro

El cedro pertenece a la familia Meliaceae. Presenta hojas compuestas, pinadas de 25-35 cm de longitud, folíolos opuestos o apenas alternos, oblicuo-oblongo-aovados, base obtusa, a menudo oblicua, ápice agudo hasta acuminado, borde entero; insertos de 3 a 5 cm de distancia entre sí; pinatinervados, nervadura central bien demarcada en ambas caras, pero más prominente en la inferior y perdiéndose hacia el ápice, nervios secundarios cóncavos y más o menos opuestos, perdiéndose hacia el borde; peciólulo corto, hasta de 9 mm de longitud; verde algo más oscuro en el haz; miden 11-15 cm de longitud por 3-5 cm de anchura. Inflorescencia en panículo terminal de 22 cm de longitud. El fruto es una cápsula oblonga, castaño-grisácea, áspera, de 4-5 cm de longitud por 2,5 cm de anchura; tienen semillas aladas, castaño-oscuro de 2,5 a 3,5 cm de longitud; parte seminífera de 0,7 a 1,1 cm de longitud. Es una especie heliófila, mesohigrofítica y de baja y media montaña; llega a adquirir diámetro extraordinario, es de crecimiento mediano a rápido y longeva.

Su madera es muy apreciada, de color rosado y olor característicos. Es liviana, con una densidad normal de 450 kg/m³ y además se clasifica como blanda. Es muy utilizada para aberturas exteriores e interiores, persianas, muebles finos, zócalos, molduras, chapas, tableros alistonados (Tortorelli, 2009).

2- Proceso industrial y su tecnología

Descripción del aserradero.

Santa Clara Maderas SRL es una empresa familiar que inició sus actividades en el año 1955, actualmente tiene 60 empleados que cumplen diferentes funciones dentro del aserradero, incluyendo al capataz y al contador que se encarga de llevar adelante las finanzas de la organización. Para obtener la materia prima se realizan aprovechamientos en 3 establecimientos: Finca Santa Bárbara, Finca Carrasco y Finca Falcón (en menor medida y sólo cuando se necesita completar algún pedido), ubicados en un radio aproximado de 30 km del aserradero. Esta actividad se realiza entre mayo y agosto. Varios operarios del aserradero suelen ser ocupados para los trabajos en el monte en épocas de cosecha.

Los principales productos que se obtienen son: tablas para construcción rural (por eso sus productos *premium* son las tablas de más de 3 m de largo), varillas, palos de escoba y en menor medida parquets, carbón y machimbre. Gran parte de la producción se vende a corralones del Gran Buenos Aires y de Córdoba, una menor proporción tiene como destino Salta Capital.

La empresa posee una carpintería donde fabrican juegos de mesa, sillas o sillones, pero de manera discontinuada y por pedido; también poseen un secadero actualmente usado como depósito; la oficina donde se encuentra el encargado de la contabilidad y el dueño del aserradero; 3 hornos media naranja donde se produce carbón a partir de los residuos de la sierra carro; una sala de afilado; una sala donde se acomodan los productos terminados de las sierras sinfín y se procede al pintado de las cabezas de las tablas y posterior sunchado; en un sector contiguo está instalada una máquina donde fabrican palos de escoba donde se aprovecha la madera fina proveniente de las sierras sinfín.

Diagrama de Flujo (Lay out)

En la figura 1 se esquematiza la distribución espacial de los lugares de trabajo y los equipos del aserradero.

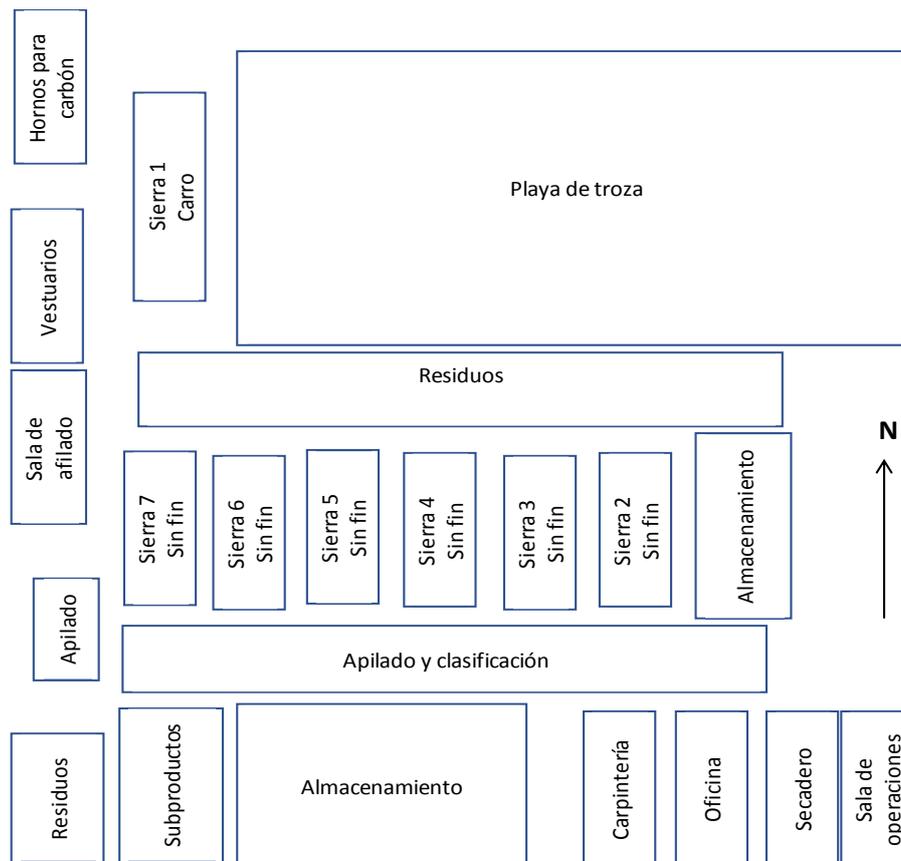


Figura 1. Distribución espacial de los lugares de trabajo y los equipos.

Descripción de la maquinaria

Los equipos de aserrío y maquinarias utilizados en el procesamiento de la madera son los siguientes:

Pala cargadora (Skidder): esta máquina cumple con la función de trasladar las trozas del canchón hasta la sierra carro y luego transportar los tabloncillos resultantes hacia las diferentes sierras sinfín para su procesamiento final. Dependiendo de la dimensión de estas, puede llegar a cargar hasta 3 trozas. (**Imagen 1 en Apéndice**)

Sierra carro: Está constituida por una sierra principal y un carro porta troza. El movimiento longitudinal del carro se realiza sobre rieles. El movimiento hacia el elemento cortante (sierra principal) y hacia atrás (después del corte) se realiza manualmente. El movimiento transversal se realiza a través de la escuadra de

accionado mecánico, para dar a los tablones un determinado espesor. El sistema de fijación de la troza es mediante sujetadores tipo gancho accionados de forma manual. Los principales residuos generados son costaneros, que algunos eran reutilizados para trabajos de carpintería o se enviaba a una sierra sinfín pequeña para hacer trabillas. Otro residuo identificado en esta etapa fue la producción de aserrín. (**Imagen 2 en Apéndice**)

A continuación se mencionan los parámetros técnicos de la sierra carro.

Diámetro volante superior e inferior: 1,20 m. **Ancho de la hoja:** 0,09 m. **Largo del carro:** 3,50 m. **Ancho del carro:** 0,90 m. **Alto del carro:** 1,17 m. **Ancho del riel:** 0,90 m. **Largo del riel:** 12,16 m.

Sierras sinfín reaserradoras: en este caso las maquinarias cuentan con una sierra sin fin vertical, cortando en un solo sentido. Cumplen la función de canteado, dimensionamiento de las tablas en cuanto al ancho, espesor y largo. El aserradero cuenta con 6 de estas sierras de 3 tipos de tamaño de volante, cuyas características técnicas se describen a continuación. Los principales residuos generados en esta etapa fueron aserrín y tacos o despuntes de madera que no llegaban a la dimensión de una tabla; estos se quemaban o donaban para combustible. (**Imagen 3 en Apéndice**)

A continuación se mencionan los parámetros técnicos de las sierras sinfín.

Sierra sinfín (grande); **Diámetro volante superior e inferior:** 1,19 m. **Ancho de la hoja:** 0,09 m. **Espesor de la hoja:** 0,001 m. **Altura:** 3,20 m.

Sierra sinfín (mediana); **Diámetro volante superior e inferior:** 1 m. **Ancho de la hoja:** 0,065 m. **Espesor de la hoja:** 0,001 m. **Altura:** 2,67 m.

Sierra sinfín (chica); **Diámetro volante superior e inferior:** 0,79 m. **Ancho de la hoja:** 0,05 m. **Espesor de la hoja:** 0,001 m. **Altura:** 2,22 m.

Materia prima utilizada

El establecimiento clasifica su materia prima en 3 tipos de calidades: A, B y C. Los datos obtenidos en el presente trabajo se corresponden a un material que es considerado como calidad C para el establecimiento; constituido por rollos de menores diámetros (diámetros menores de las trozas entre 0,25 y 0,45 m; diámetros mayores entre 0,40 y 0,65 m) y un estado sanitario regular (ataque de larvas, presencia de rajaduras y acebolladuras) respecto a las otras dos calidades (**imagen 4 en apéndice**). Esto sucede porque el aprovechamiento se realizó en el período mayo-agosto de 2016 (temporada libre de lluvias, donde es posible la entrada al monte) y en el mes de abril de 2017, entre 8 y 11 meses posterior al aprovechamiento, quedaron los rollos de menor calidad. Las mejores trozas (calidades A y B) son las que primero se procesaron dado que tienen un mayor rendimiento que las trozas de calidad “C” y pueden cumplir rápidamente con los pedidos de sus clientes. Estas calidades se suelen encontrar a principios de la primavera hasta finales del verano.

Los pedidos suelen ser de al menos 1000 pies², aunque si no se completa el stock, se suele recurrir a la incorporación de otra especie para completarlo. Esto implica que al hacerlo pasar por la misma especie, no se consideren los costos reales del procesamiento y se sobrevalúe o subvalúe el precio del pedido, dependiendo de la calidad de la especie alternativa utilizada.

La política del aserradero es priorizar calidad de madera aserrada, y es por esto que la forma de remuneración a los operarios consiste en un jornal más una productividad semanal mínima incidiendo en los tiempos de trabajo de los mismos.

La producción mínima necesaria para que el aserradero mantenga rentabilidad es de 4500 a 5000 m³ anuales.

Sistema de corte utilizado

El sistema de corte que se muestra en la figura 2 fue empleado en el aserrado de las 4 especies relevadas.

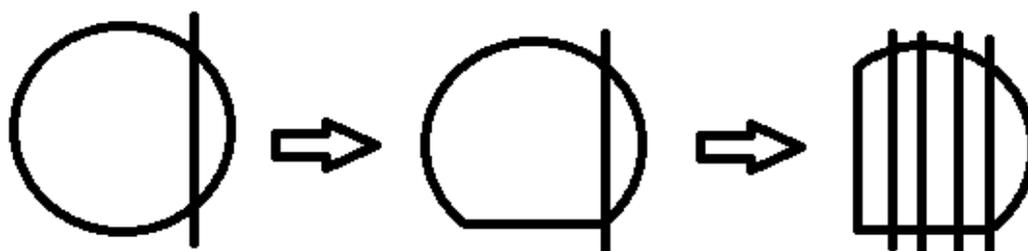


Figura 2. Esquema de corte de las trozas en sierra carro

3- Rendimiento y eficiencia en aserrado

A continuación se detallan los resultados obtenidos para cada especie analizada.

3.1 Rendimiento y eficiencia de Quina

Con esta especie se tomaron como unidad muestral 16 trozas, las cuales fueron cubicadas en la entrada a la sierra carro. Una vez llegados los tablones a la sierra sinfín, fueron procesados y se contabilizó el número de tablas, su escuadría y longitud para una posterior cuantificación de volumen aserrado (tabla 4). Las tablas resultantes tuvieron una escuadría de 1"x4" y longitudes desde 0,7 m hasta 4 m. El tiempo que tardaron en procesarse las 16 trozas fue de 39 horas o su equivalente en día (1,625 día). La cantidad de operarios involucrados en el procesamiento fueron de 8 (3 operarios por turno en la sierra carro, 2 turnos; 2 operarios en la sierra sinfín).

Tiempo requerido= 39 horas= 1,625 día N° de operarios= 8 Volumen inicial= 5,96 m³ Volumen final= 2,54 m³

El rendimiento y la eficiencia fueron:

Rendimiento (%) = $(2,54/5,96) * 100 = 42,62$ **VT (m³/día)**: $5,96/1,625 = 3,67$ **Eficiencia**
(m³/operario/día) = $3,67/8 = 0,46$

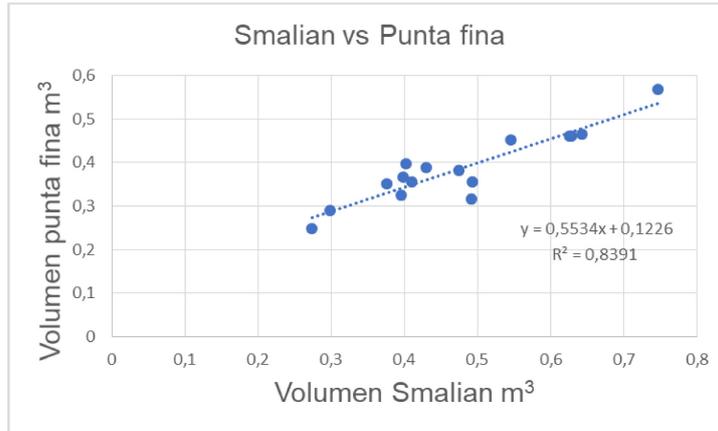


Gráfico 1. Volúmen según Smalian (m3) vs. Volúmen Punta Fina (m3) para determinar diferencias estadísticas entre ambas mediciones.

En el gráfico 1 se muestra la relación entre ambos tipos de estimaciones de volumen para determinar si hay diferencias estadísticas y de esa manera tomar decisiones a la hora de tomar diámetros para estimar volúmenes; se observó una relación cuasi lineal entre ambas mediciones, sumado a un $R^2 = 0,8391$, quedó reflejado que estadísticamente no hay diferencias significativas. En la práctica esto nos indica que con tomar solo el diámetro en punta fina el valor de volumen va a ser fidedigno y por ende no se le pide al capataz que cambie su modo de medición.

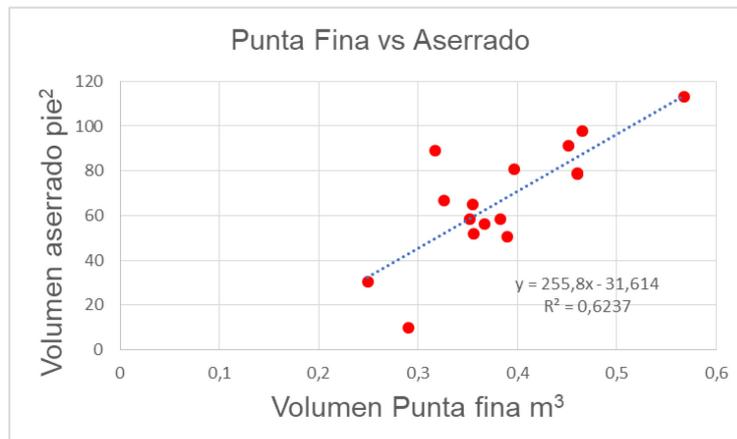


Gráfico 2. Volumen Punta Fina (m^3) vs. Volumen Aserrado (pie^2) para determinar si a mayor volumen de troza corresponde un mayor volumen de madera aserrada.

En el gráfico 2 se muestra la relación entre volumen de trozas (por método punta fina) y el volumen de madera aserrada que producen esas trozas (en pie^2). Se observó una tendencia general a sacar mayor volumen de madera aserrada a medida que teníamos mayor volumen de trozas, excepto por las trozas comprendidas entre 0,3 y 0,4 m^3 , en las cuales no se manifestó esa tendencia, quizás por su estado sanitario no pudieron ser aprovechadas en su máximo potencial.

Los resultados obtenidos en este trabajo respecto a la misma especie pueden compararse con lo obtenido por Cruz (2004), quién halló un rendimiento de 33 % en tablas de primera más un 6 % en productos de recuperación (tablas de menor tamaño que las de primera) en aserraderos de Orán, Salta.

3.2 Rendimiento y eficiencia de Urundel

Se trabajaron 13 trozas cubicados en la entrada del carro, con el método de Smalian. Posteriormente, se marcaron los tablones que resultaban del procesamiento de los rollos y en la salida de la sierra sinfín se marcaron las tablas y se midió su ancho, espesor y longitud para calcular el volumen en pie^2 . La tablas resultantes tuvieron medidas variables (escuadrías de 1"x4", 1"x6", 1"x8", 1"x10", 1"x12" y 3"x3" y longitudes de 1,3 m a 4 m). El tiempo necesario para su procesamiento fue de 35 horas (1,46 día) y se involucraron 8 operarios (6 en sierra carro y 2 en sierra sinfín).

Tiempo requerido= 35 horas=1,46 día **N° de operarios**= 8 **Volumen inicial**= 5,48 m^3

Volumen final= 1,70 m^3

El rendimiento y la eficiencia fueron:

Rendimiento (%)= $(1,70/5,48)*100= 31,02$ **VT ($m^3/día$)**= $5,48/1,46=3,76$ **Eficiencia**

($m^3/operario/día$) = $3,76/8=0,47$

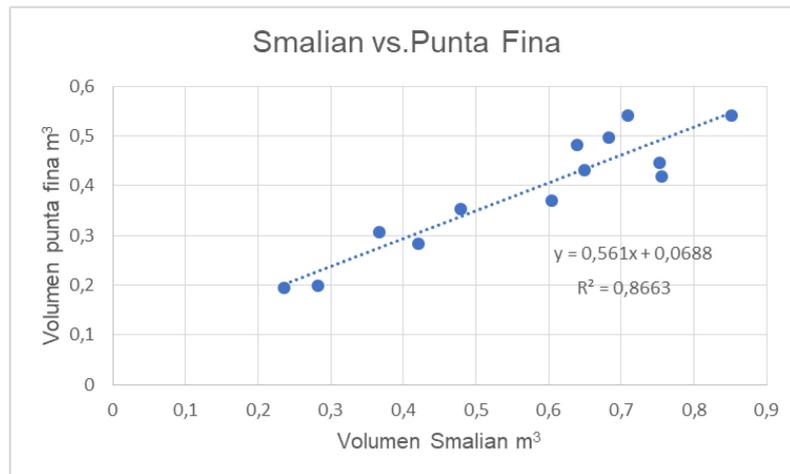


Gráfico 3. Smalian vs. Punta Fina para determinar diferencias estadísticas entre ambas mediciones.

En el gráfico 3 se muestra la relación entre ambos tipos de estimaciones de volumen para determinar si hay diferencias estadísticas y de esa manera tomar decisiones a la hora de tomar diámetros para estimar volúmenes; se observó una relación lineal entre ambas mediciones, por lo tanto no hay inconveniente en que se estime el volumen a partir de la medición de diámetro en punta fina.

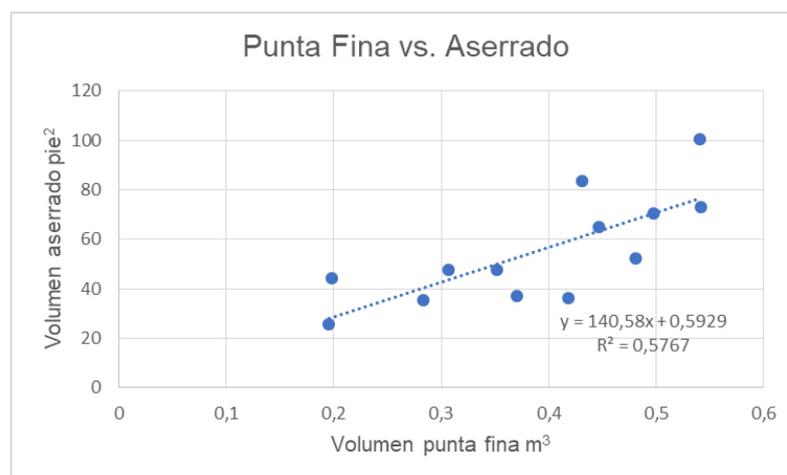


Gráfico 4. Punta Fina vs. Aserrado para determinar si a mayor volumen de troza corresponde un mayor volumen de madera aserrada.

En el gráfico 4 se muestra la relación entre volumen de trozas (por método punta fina) y el volumen de madera aserrada que producen esas trozas (en pie²). Pudimos observar que al principio va teniendo un incremento lineal de madera aserrada a partir de volumen de trozas, pero en las trozas comprendidas entre 0,35 y 0,5 m³ no se verifica la misma tendencia, sino que disminuye la producción de madera aserrada. Esto pudo deberse a que las trozas de mayor diámetro tuvieron defectos biológicos y acebolladuras, lo que disminuyó la cantidad de madera aprovechable; posiblemente las trozas con estas anomalías debieran procesarse con otro sistema de corte. Luego, sí se muestra un aumento en las trozas más grandes (a partir de 0,5 m³).

Esta especie presentó un rendimiento y eficiencia muy bajos dado que los rollos se presentaban muy afectados (**imagen 5 en apéndice**) y su forma estaba alejada del ideal para la producción de piezas prismáticas (rectitud, forma, sanidad). Por estas mismas razones, al momento de ser procesada en la sierra carro se constató una baja productividad dado que la sierra no soportaba los esfuerzos de corte y derivaba en recambios constantes de la cinta, con los consecuentes tiempos muertos. .

Cuando se les comunicó al dueño y al encargado del aserradero el rendimiento que había presentado la especie, se mostraron sorprendidos dado que ellos habían estimado para la misma especie y calidad, rendimientos de 40-45 %. Esta diferencia pudo deberse a la metodología de toma de datos o errores en el muestreo aunque no podemos confirmar que alguna de ellas sean la razón principal de la discordancia de resultados.

3.3 Rendimiento y eficiencia de Cebil

En este caso se trabajaron 13 trozas que se cubicaron mediante Smalian previa entrada de las trozas a la sierra carro. Posteriormente, se marcaron los tablones que resultaban del procesamiento de los rollos y en la salida de la sierra sinfín se

marcaron las tablas y se midió su ancho, espesor y longitud para calcular el volumen en pie². Las tablas resultantes tuvieron escuadrías de 1"x4" y longitudes desde 2,2 m hasta 4 m. El tiempo necesario fue de 14 horas (0,58 día) y se involucraron 5 operarios (3 en sierra carro y 2 en sierra sinfín).

Tiempo requerido= 14 horas=0,58 día N° de operarios= 5 Volumen inicial= 5,20 m³

Volumen final= 1,22 m³

El rendimiento y la eficiencia fueron:

Rendimiento (%)= (1,22/5,20)*100= 23,46 VT (m3/día)= 5,20/0,58= 8,97 Eficiencia

(m³/operario/día)= 8,97/5= 1,79

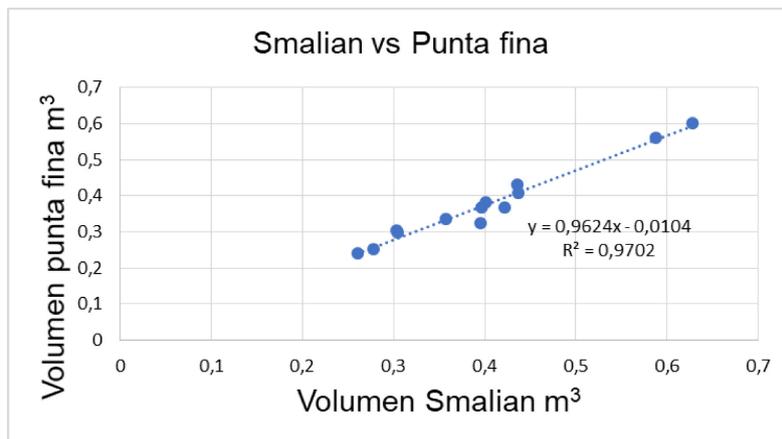


Gráfico 5. Smalian vs. Punta Fina para determinar diferencias estadísticas entre ambas mediciones.

En el gráfico 5 se muestra la relación entre ambos tipos de estimaciones de volumen para determinar si hay diferencias estadísticas y de esa manera tomar decisiones a la hora de tomar diámetros para estimar volúmenes; al igual que las dos especies anteriormente analizadas, no hubo diferencias significativos en los valores estimados por Smalian y por Punta Fina.

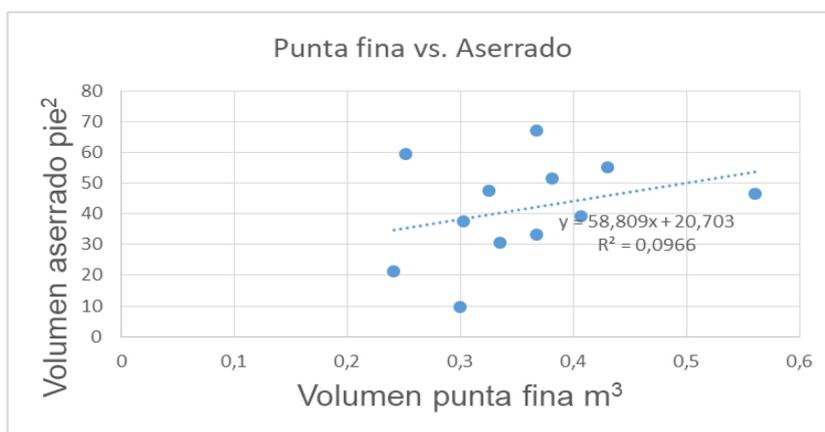


Gráfico 6. Punta Fina vs. Aserrado para determinar si a mayor volumen de troza corresponde un mayor volumen de madera aserrada.

En el gráfico 6 se muestra la relación entre volumen de trozas (por método punta fina) y el volumen de madera aserrada que producen esas trozas (en pie²). En este caso particular no hubo una correspondencia directa entre volumen de troza y volumen de madera aserrada resultante, lo que pudo deberse a una defectuosa calidad de las trozas o a errores en la toma de datos.

Tolaba (2004) determinó en esta misma especie de 3 aserraderos diferentes de Orán, un rendimiento entre 36 y 48 %. En el caso del presente estudio el rendimiento fue muy bajo dado que por la baja calidad de troza, donde pudieron obtenerse pocas tablas con longitudes óptimas, y de la misma escuadría (1"x4").

3.4 Rendimiento y eficiencia de Cedro

Se marcaron 8 rollos en playa de trozas, las que luego se trozaron dando un total de 20 trozas y estas se cubicaron antes de ingresar a la sierra carro. Posteriormente, se marcaron los tablones que resultaban del procesamiento de las trozas y en la salida de la sierra sinfín se marcaron las tablas y se midió su ancho, espesor y longitud para calcular el volumen en pie². Las tablas resultantes tuvieron medidas variables (escuadrías de 1"x6", 1"x8", 2"x4", 2"x6", 2"x8", 2"x10", 2"x12", 2"x14" y longitudes desde 0,6 m hasta 3,2 m). El tiempo necesario para procesar todas

las trozas fue de 28 horas (1,17 día) y se involucraron 8 operarios (6 en sierra carro y 2 en sierra sinfín).

Tiempo requerido= 28 horas= 1,17 día **N° de operarios**= 8 **Volumen inicial**= 9,45 m³ **Volumen final**= 3,85 m³

El rendimiento y la eficiencia fueron:

Rendimiento (%)= (3,85/9,45)*100= **40,74** **VT (m³/día)**= 9,45 m³/1,17 día= **8,08**

Eficiencia (m³/operario/día)= 8,08/8= **1,01**

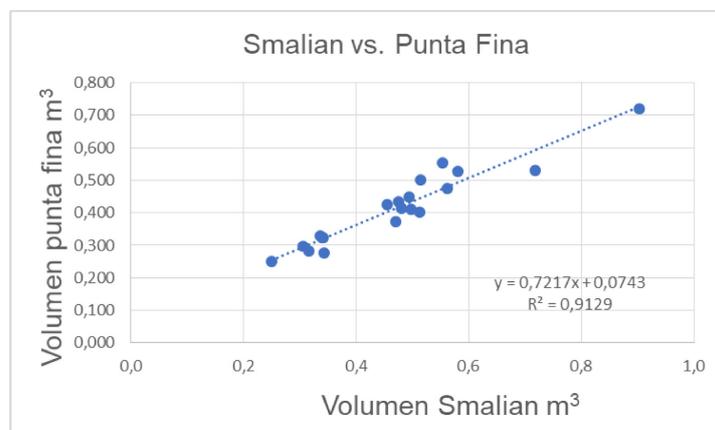


Gráfico 7. Smalian vs. Punta Fina para determinar diferencias estadísticas entre ambas mediciones.

En el gráfico 7 se muestra la relación entre ambos tipos de estimaciones de volumen para determinar si hay diferencias estadísticas y de esa manera tomar decisiones a la hora de tomar diámetros para estimar volúmenes; se observó que no hubo diferencias significativas entre el volumen determinado por método Smalian y por el de Punta Fina, al igual que en las otras 3 especies anteriores.

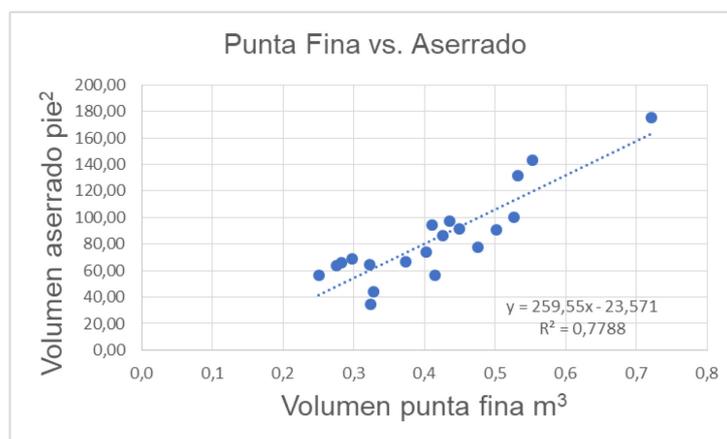


Gráfico 8. Punta Fina vs. Aserrado para determinar si a mayor volumen de troza corresponde un mayor volumen de madera aserrada.

En el gráfico 8 se muestra la relación entre volumen de trozas (por método punta fina) y el volumen de madera aserrada que producen esas trozas (en pie²). En esta especie observamos que hubo una tendencia a obtener mayor volumen de madera aserrada a medida que mayor fue el volumen de la troza

Fue una de las especies que mejor eficiencia y rendimiento mostró, dado que las trozas no estaban significativamente afectadas por insectos ni por grietas y rajaduras. Por lo tanto se pudo obtener tablas de gran tamaño (hasta 12" de ancho y 3-4" de espesor) en un tiempo relativamente corto. A su vez, en el Plan de Competitividad del COP Foresto-industrial Jujuy y Salta (2012) citan rendimientos de 32% en el mejor de los casos, promediando entre 15 y 27%, valores que son superados ampliamente por los obtenidos en el aserradero Santa Clara Maderas SRL.

4- Propuesta tentativa para la mejora del funcionamiento de la planta y el rendimiento en aserrado

A partir de las conversaciones con los diversos actores del aserradero (propietario, capataz, encargado de la contabilidad y operarios) y en vista de los resultados obtenidos de rendimiento y eficiencia, se puede inferir que el establecimiento tiene un gran potencial para aumentar sus rendimientos y poder

obtener el máximo provecho al rollo. Aquí se mencionan algunos puntos a considerar para mejorar el desempeño productivo y económico de la empresa:

- Se ha identificado a la sierra carro como un cuello de botella en la producción, dado que 4 de las 6 sierras reaserradoras reciben los tablones procesados de la sierra principal, por ende cualquier desperfecto o inconveniente en esa máquina, genera retraso en las otras sierras y en los tiempos de trabajo. Incluso en el momento del presente trabajo se rompió un rayo del volante superior de la sierra carro y estuvo parado el trabajo una semana aproximadamente, lo que derivó en procesar rollos directamente en las reaserradoras lo cual fue sumamente riesgoso para los operarios y la calidad de las tablas mucho menor. Es por esto, que sería recomendable se agregue una sierra carro adicional, de manera de poder trabajar a dos sierras en condiciones normales y en caso de que se rompa una, no haya demoras en la producción.
- El hecho de agregar una sierra carro más, también generaría que no sea necesario tener turno noche en dicha sierra dado que con las dos sierras trabajando podrían cumplir los pedidos con los turnos mañana y tarde. Lo más importante de este punto es que se estaría priorizando la seguridad de los operarios dado que al trabajar de noche los riesgos de accidentes son mayores, sumado a la reducción del costo energético.
- También se observó que la sierra carro tiene el mismo tamaño y potencia que las sierras sinfín más grandes, lo que provoca que esté haciendo un esfuerzo mucho mayor que es contraproducente a la sierra; es por esto que recomendamos que se instale un motor de mayor potencia y hojas de sierra más grandes así puede trabajar mejor con las trozas enteras y aumentar la eficiencia dado que se tendrían que hacer menores recambios de hojas y por ende, menos tiempo ocioso.

- Se propone realizar un mantenimiento a las máquinas de manera periódica de manera de evitar desperfectos que requieran mayor tiempo para solucionarlos y generen una excesiva pausa en la producción y en consecuencia una disminución en la productividad.
- Se propone estudiar distintos sistemas de corte dependiendo la especie, tamaño y calidad de troza, de manera de poder obtener un mayor rendimiento, en los productos que requiere el mercado.
- Se propone evaluar la posibilidad económica de poder hacer un mejor manejo de los residuos generados, como la incorporación de una caldera el secado de la madera aserrada, para bioenergía o producción de pellets, ya que actualmente la gran parte se quema, solo un pequeño volumen tiene un uso local en construcciones rústicas o como combustible.
- Se propone considerar la posibilidad de agregar más valor a los productos, dado que se cuenta con una carpintería que no se encuentra en su máximo potencial, solo se utiliza para trabajos a pedido. Podrían además de producir las tablas, fabricar productos de carpintería rural como mangas, tranqueras, cargadores; o fabricar juegos de mesas y sillas o pisos parquet para comercializar (actualmente se fabrican de manera esporádica si bien existe la capacidad para poder hacerlo de manera permanente). Esto sumado a que se cuenta con un secadero que no se estaba utilizando al momento del trabajo.
- Para un mayor ajuste de los valores obtenidos, podría considerarse tomar el volumen inicial a partir de la playa de trozas, de manera de poder seguir toda la línea de producción y entender donde se van a producir las mayores pérdidas. Por cuestiones operativas para el presente trabajo, el volumen inicial se obtuvo en entrada del rollo a la sierra carro.

- Se remarca como muy importante, incorporar la actualización y capacitación constante a los operarios, no solo en la actividad propia del aserradero sino también en seguridad e higiene en todo el proceso.

CONCLUSIONES

Del análisis preliminar del proceso industrial, realizado en forma puntual en abril de 2017, se visualiza la variedad de factores a considerar para mejorar el rendimiento y eficiencia del aserradero. Algunos de ellos serán más fáciles y rápidos de implementar como el mantenimiento de las máquinas, en otros llevará más tiempo, debido al nivel de inversión requerido.

La metodología empleada en el presente trabajo estuvo limitada exclusivamente por cuestiones operativas, pero al menos es necesario remarcar que otros elementos pueden considerarse para futuras investigaciones de manera de poder visualizar el funcionamiento del aserradero de una manera integral como por ejemplo, evaluar las condiciones (cantidad de operarios, cantidad y tipos de maquinarias) en las que se hace el aprovechamiento y cómo afecta eso a la materia prima que recibe la empresa.

También, se considera necesario la realización de estudios a lo largo del año, con presencia de calidades superiores de materia prima y un análisis minucioso de los tipos de residuos que se producen a lo largo de la cadena de producción, de manera de poder hacer un manejo adecuado de los mismos.

Por el lado de los responsables del aserradero Santa Clara Maderas S.R.L. y de los técnicos regionales, luego de la discusión de los resultados del presente trabajo se observó la predisposición de seguir trabajando en conjunto, para poder avanzar en el conocimiento de los parámetros tecnológicos de la zona en cuanto a rendimiento y eficiencia, así como en la identificación de factores que puedan afectarse a una mejora

continua con el objetivo de mejorar la cantidad y calidad de los productos que demanda el mercado.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Álvarez-Lazo, D. y Andrade-Fernando, E. y Quintín-Cuador, G. y Domínguez-Goizueta, A. 2004. Importancia del control de las dimensiones de la madera aserrada. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. [en línea] 10(2), pp.105-110. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62910206>

Boelcke, O. 1981. Plantas Vasculares de la Argentina, nativas y exóticas. FECIC. Buenos Aires

Brown, A. D. y Malizia, L.R. 2004. Las Selvas Pedemontanas de las Yungas: en el umbral de la extinción. Revista Ciencia Hoy, 14: 52-63

Brown, A. D., Pacheco S., Lomáscolo, T. y Malizia, L. 2005. Situación Ambiental en los Bosques Andinos Yungueños. 21 p. Inédito.

Coronel de Renolfi, M., Díaz, F., Cardona, G., & Ruiz, A. P. 2012. Tiempos, rendimientos y costos del aserrado de Algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 20(1), 15-28.

Cruz, F.C. 2004. Eficiencia de Aserraje de Especies Comerciales en aserraderos de Orán. Tesina de grado. Escuela de Recursos Naturales.

Humano, C.A., J.M. Solis, A.G. Duran. 2016. Crecimiento de *Pterogyne nitens* (tipa colorada) en plantaciones en macizo bajo distintos tipos de riego y fertilizaciones. Revista AGRARIA, Año 2015 - 2016, Vol. IX, Nº 16, Páginas 28 – 34. Revista Científica Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu.

Instituto Forestal. 1989. Principios de Organización y Operación del Aserradero. Corporación de fomento a la producción. Concepción, Chile.

Minetti, J.M. 2002. Características de la comercialización de maderas nativas en Orán y Tartagal (Salta). INTA Yuto. 10 pp.

Minetti, J.M. 2006. Aprovechamiento forestal de cedro en las Yungas de Argentina. pp. 143-154 Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) Ecología y producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas australes. Ediciones del Subtropico, Argentina.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS). 2014. Anuario de Estadística Forestal. Especies Nativas 2014.

Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación. 2012. Programa Competitividad del Norte Grande “Plan de Competitividad del Conglomerado Foresto-industrial de Jujuy y Salta”

Ley Nacional 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. 2007. <http://leydebosques.org.ar/leydebosques/wp-content/uploads/2016/07/LEY-NACIONAL-DE-BOSQUES.pdf>

Legname, P.R. 1982. Arboles indígenas del noroeste argentino. Opera Lillioana 34. Tucumán.

NOA Forestal. 2017. <http://noaforestal.blogspot.com.ar/p/informacion-tecnica.html>

Quiros, R. 1990. “Optimización del proceso de aserrío en madera de cortas dimensiones en el Pacífico Seco, Costa Rica2. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. 131 p.

Refort, M. M; E. Spavento & G. Keil. 2012. “Caracterización tecnológica de maderas del género Cebil, con vista al aprovechamiento sostenible del recurso nativo”. Revista Forestal YVYRARETA. Facultad de Ciencias Forestales, UNAM. Misiones, Argentina. ISSN 0328-8854. N°19: 7-13.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS). 2007. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto bosques nativos y áreas protegidas, BIRF 4085-AR. Argentina.

Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental (SDSyPA) (2001). Seminario Nacional “Normativa de Promoción para el Desarrollo Sustentable de las Masas Forestales Nativas”. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Argentina.

Spavento, E. 2011. Consultoría para realizar un estudio de identificación de productos y mercados potenciales para el sector forestal. Proyecto BIRF LN 7520 AR - Manejo Sustentable de Recursos Naturales Componente 2 – Plantaciones Forestales Sustentables. DPF, Ministerio de Agricultura. Argentina. 259 pag.

Tolaba, J. 2004. Estudio de la Eficiencia de Aserrío en tres aserraderos de Orán. Tesina de grado. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.

Tortorelli, L. A. 2009. I Parte: “Maderas y Bosques Argentinos”. Orientación gráfica Editora SRL. Buenos Aires, Argentina. 515 pp.

Tortorelli, L. A. 2009. II Parte: “Maderas y Bosques Argentinos”. Orientación gráfica Editora SRL. Buenos Aires, Argentina. 595 pp.

APÉNDICE

Tabla 1. Leyes Provinciales (OTBN) en región NOA.

Provincia	Ley Provincial N°
Jujuy	5.676
Salta*	7.543
Tucumán	8.304

*Provincia donde se enmarca el presente estudio

Tabla 2. Superficie de bosques nativos del NOA.

Provincia	Región Fitogeográfica	Superficie (ha)
Catamarca	Parque Chaqueño	335.668
	Selva Tucumana Boliviana	15.783
Jujuy	Parque Chaqueño	86.737
	Selva Tucumana Boliviana	866.637
Salta*	Parque Chaqueño	4.749.947
	Selva Tucumana Boliviana	2.312.123
Santiago del Estero	Parque Chaqueño	6.281.398
Tucumán	Parque Chaqueño	240.055
	Selva Tucumana Boliviana	538.442
Total		15.426.790

Fuente: Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (1998-2005), SAyDS (2007).

*Provincia donde se enmarca el presente estudio.

Tabla 3. Extracción de productos primarios en el NOA.

Provincia	Rollizos (tn)	Leña (tn)	Leña para carbón (tn)	Postes (tn)
Catamarca	70	22.445	20.105	51
Jujuy	5.115	14.061	3.550	-
Salta*	58.168	21.043	12.905	805
Sgo. Del Estero	27.409	34.835	497.020	13.241
Tucumán	45	5.935	45	-
Total	90.807	98.319	533.625	14.097

Fuente: Anuario de Estadística Forestal, Especies Nativas (2014).

*Provincia donde se enmarca el presente estudio.

La siguiente tabla reúne los datos correspondientes a cada troza medida en la entrada de la sierra carro en Quina.

Tabla 4. Dimensiones en diámetro, área basal, longitud y volumen de cada troza.

Troza	d (m)	AB min	D (m)	AB max	L (m)	d	D	Volumen (m ³)
1	0,36	0,09	0,39	0,096	3,6	0,02	0,04	0,34
2	0,36	0,08	0,405	0,105	3,6	0,03	0,04	0,34
3	0,36	0,08	0,515	0,170	3,2	0,04	0,05	0,40
4	0,36	0,08	0,43	0,113	3,2	0,04	0,05	0,31
5	0,37	0,09	0,44	0,126	4,2	0,04	0,04	0,44
6	0,39	0,09	0,475	0,142	3,2	0,05	0,05	0,37
7	0,32	0,06	0,35	0,075	3,1	0,04	0,04	0,21
8	0,35	0,07	0,355	0,078	3,1	0,04	0,04	0,23
9	0,38	0,08	0,405	0,093	3,1	0,06	0,06	0,27
10	0,42	0,10	0,53	0,166	4,2	0,06	0,07	0,56
11	0,35	0,06	0,46	0,126	3,8	0,06	0,06	0,36
12	0,38	0,08	0,505	0,142	4,1	0,06	0,08	0,46
13	0,37	0,08	0,48	0,145	4,4	0,04	0,05	0,50
14	0,38	0,08	0,385	0,073	3,5	0,06	0,08	0,27
15	0,44	0,14	0,57	0,221	3,1	0,02	0,04	0,55
16	0,40	0,10	0,44	0,126	3,1	0,04	0,04	0,35
							Total	5,96

Donde: **d**= diámetro mínimo, en metros; **D**= diámetro máximo, en metros; **AB min**= área basal mínima, en m²; **AB max**= área basal máxima, en m². **Volumen**= volumen de la troza, en m³.

La siguiente tabla reúne los datos de las tablas y volumen resultantes de cada troza, a la salida de la sierra sinfín en Quina.

Tabla 5. N° de tablas y volumen por troza.

Troza	Tablas	Volumen (pie3)	Volumen (m3)
1	18	56,2	0,13
2	14	51,93	0,12
3	31	88,89	0,21
4	22	66,8	0,16
5	24	91,07	0,21
6	18	58,49	0,14
7	10	30,61	0,07
8	3	9,84	0,02
9	22	58,49	0,14

10	29	112,94	0,27
11	18	64,94	0,15
12	26	97,85	0,23
13	22	78,83	0,19
14	30	80,58	0,19
15	29	78,61	0,19
16	21	50,4	0,12
Total	337	1076,47	2,54

La siguiente tabla reúne los datos correspondientes a cada troza medida en la entrada de la sierra carro en Urundel.

Tabla 6. Dimensiones en diámetro, área basal, longitud y volumen de cada troza.

Troza	d (m)	AB min	D (m)	AB max	L (m)	d	D	Volumen (m ³)
1	0,46	0,14	0,48	0,15	2,16	0,03	0,04	0,31
2	0,49	0,15	0,54	0,19	3,27	0,05	0,05	0,56
7	0,43	0,13	0,49	0,13	3,83	0,03	0,08	0,49
8	0,47	0,12	0,59	0,20	3,41	0,07	0,08	0,56
9	0,50	0,15	0,51	0,13	3,52	0,06	0,1	0,50
10	0,37	0,09	0,38	0,06	2,15	0,03	0,1	0,16
11	0,38	0,09	0,44	0,13	3,21	0,04	0,04	0,34
14	0,51	0,14	0,60	0,18	3,15	0,08	0,12	0,50
17	0,41	0,10	0,43	0,07	2,06	0,06	0,12	0,17
23	0,47	0,12	0,48	0,13	3,7	0,08	0,08	0,45
24	0,49	0,13	0,53	0,16	4,2	0,08	0,08	0,60
26	0,38	0,09	0,48	0,14	4,2	0,04	0,06	0,47
28	0,39	0,10	0,43	0,09	3,66	0,04	0,08	0,35
Total								5,48

Donde: **d**= diámetro mínimo, en metros; **D**= diámetro máximo, en metros; **AB min**= área basal mínima, en m²; **AB max**= área basal máxima, en m²; **Volumen**= volumen de la troza, en m³.

La siguiente tabla reúne los datos de las tablas y volumen resultantes de cada troza, a la salida de la sierra sinfín en Urundel.

Tabla 7. N° de tablas y volumen por troza.

Troza	Tablas	Volumen (pie2)	Volumen (m3)
1	12	47,67	0,11
2	21	70,52	0,17

7	14	52,32	0,12
8	11	36,3	0,09
9	14	72,98	0,17
10	12	25,8	0,06
11	9	35,53	0,08
14	19	65,16	0,15
17	17	44,06	0,10
23	16	83,59	0,20
24	11	100,59	0,24
26	7	37,17	0,09
28	9	47,56	0,11
Total	172	719,25	1,70

La siguiente tabla reúne los datos correspondientes a cada troza medida en la entrada de la sierra carro en Cebil.

Tabla 8. Dimensiones en diámetro, área basal, longitud y volumen de cada troza.

Troza	d (m)	AB min	D (m)	Ab max	L (m)	d	D	Volumen (m ³)
30	0,34	0,09	0,34	0,09	3,4	0,04	0,08	0,30
31	0,29	0,07	0,32	0,08	3,59	0,01	0,02	0,26
32	0,33	0,09	0,36	0,10	4,3	0,02	0,04	0,40
33	0,41	0,13	0,42	0,14	3,26	0,02	0,08	0,44
34	0,36	0,10	0,43	0,15	3,2	0	0,09	0,40
35	0,47	0,17	0,49	0,19	3,47	0,05	0,05	0,63
36	0,30	0,07	0,33	0,09	3,56	0,04	0,06	0,28
37	0,32	0,08	0,34	0,09	4,17	0,02	0,02	0,36
38	0,44	0,15	0,46	0,17	3,69	0,03	0,03	0,59
39	0,38	0,11	0,40	0,13	3,36	0,06	0,06	0,40
40	0,33	0,09	0,38	0,11	4,3	0,04	0,04	0,42
41	0,36	0,10	0,39	0,12	4	0,03	0,06	0,44
43	0,35	0,09	0,35	0,09	3,24	0,03	0,04	0,30
Total								5,20

Donde: **d**= diámetro mínimo, en metros; **D**= diámetro máximo, en metros; **AB min**= área basal mínima, en m²; **AB max**= área basal máxima, en m²; **Volumen**= volumen de la troza, en m³.

La siguiente tabla reúne los datos de las tablas y volumen resultantes de cada troza, a la salida de la sierra sinfín en Cebil.

Tabla 9. N° de tablas y volumen por troza.

Troza	Tablas	Volumen (pie2)	Volumen (m3)
30	3	9,84	0,02
31	6	21,32	0,05
32	8	33,35	0,08
33	17	55,21	0,13
34	15	47,45	0,11
35	6	18,59	0,04
36	18	59,59	0,14
37	7	30,61	0,07
38	14	46,47	0,11
39	16	51,61	0,12
40	17	67,24	0,16
41	11	39,36	0,09
43	12	37,61	0,09
Total	150	518,25	1,22

La siguiente tabla reúne los datos correspondientes a cada troza medida en la entrada de la sierra carro en Cedro.

Tabla 10. Dimensiones en diámetro, área basal, longitud y volumen de cada troza perteneciente a cada rollo.

Rollo	Troza	d (m)	AB min	D (m)	AB max	L (m)	d	D	Volumen (m ³)
1	1	0,4	0,126	0,46	0,166	3,3	0,08	0,1	0,48
1	2	0,39	0,119	0,41	0,132	2,71	0,06	0,08	0,34
3	1	0,4	0,126	0,41	0,132	2,61	0,06	0,06	0,34
3	2	0,41	0,132	0,51	0,204	3,05	0,06	0,06	0,51
4	1	0,42	0,139	0,50	0,196	2,97	0,05	0,08	0,50
4	2	0,4	0,126	0,42	0,139	2,57	0,06	0,1	0,34
17	1	0,45	0,159	0,46	0,166	3,16	0,04	0,06	0,51
17	2	0,48	0,181	0,56	0,246	2,63	0,04	0,06	0,56
17	3	0,39	0,119	0,48	0,181	3,13	0,04	0,04	0,47
18	1	0,46	0,166	0,50	0,196	2,62	0,04	0,04	0,47
18	2	0,5	0,196	0,55	0,238	2,68	0,04	0,04	0,58
18	3	0,53	0,221	0,65	0,332	3,27	0,04	0,05	0,90
19	1	0,46	0,166	0,60	0,283	3,2	0,05	0,05	0,72
19	2	0,46	0,166	0,46	0,166	3,33	0,04	0,08	0,55

21	1	0,45	0,159	0,48	0,181	2,68	0,06	0,08	0,46
21	2	0,42	0,139	0,46	0,166	3,24	0,07	0,09	0,49
21	3	0,41	0,132	0,42	0,139	2,26	0,06	0,07	0,31
22	1	0,36	0,102	0,36	0,102	2,46	0,03	0,08	0,25
22	2	0,36	0,102	0,40	0,126	2,78	0,06	0,07	0,32
22	3	0,4	0,126	0,49	0,189	2,19	0,04	0,08	0,34
Total									9,45

Donde: **d**= diámetro mínimo, en metros; **D**= diámetro máximo, en metros; **AB min**= área basal mínima, en m²; **AB max**= área basal máxima, en m²; **Volumen**= volumen de la troza, en m³.

La siguiente tabla reúne los datos de las tablas y volumen resultantes de cada troza, a la salida de la sierra sinfín en Cedro.

Tabla 11. N° de tablas y volumen por troza.

Troza	Tablas	Volumen (pie2)	Volumen (m3)
1	13	89,76	0,21
3	13	118,3	0,28
4	14	140,44	0,33
17	23	227,74	0,54
18	33	362,78	0,86
19	33	266,03	0,63
21	18	247,2	0,58
22	18	180,97	0,43
Total	165	1633,22	3,85



Imagen 1. Skidder transportando trozas.



Imagen 2. Sierra carro.



Imagen 3. Sierra sinfín.



Imagen 4. Grietas y acebolladuras en especies de calidad C.



Imagen 5. Acebolladura en troza de Urundel.