

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL Y MADERERA



TESIS DE GRADO

**“EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE MADERA ASERRADA DE LA ESPECIE
PALO MARIA (*Calophyllum brasiliense*) EN ASERRADERO COMINMA DEL
MUNICIPIO DE IXIAMAS PROVINCIA ABEL ITURRALDE DEL DEPARTAMENTO DE
LA PAZ”**

Johnny Eduardo Badani Góngora

La Paz – Bolivia

2020

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL Y MADERERA

**“EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE MADERA ASERRADA DE LA ESPECIE
PALO MARIA (*Calophyllum brasiliense*) EN ASERRADERO COMINMA DEL
MUNICIPIO DE IXIAMAS PROVINCIA ABEL ITURRALDE DEL DEPARTAMENTO DE
LA PAZ”**

Tesis de grado presentada como requisito
parcial para optar el título de
Ingeniero Forestal

Johnny Eduardo Badani Góngora

ASESORES:

Ing. Mc. S. Marcelo Traqui Delgado

Ing. For. Jorge Luis Medina Gutiérrez

TRIBUNAL REVISOR:

Ing. Jhonny Ticona Aliaga

Ing. Ramiro Mendoza Nogales

Ing. Casto Maldonado Fuentes

APROBADO

PRESIDENTE

LA PAZ – BOLIVIA

2020

AGRADECIMIENTO

Antes que todo a Dios, por el maravilloso don de la vida y las fuerzas para culminar mis estudios.

A mis padres Johnny Manuel Badani R. y Georgina Góngora E.; mis hermanos, Boris, Juan, y Mary Mar y mi compañera de vida Yerania Ostoaga Pérez; por enseñarme a luchar en esta vida llena de adversidades, a conquistar las metas que me proponga hasta agotar los recursos que sean necesarios.

A mis Asesores Ing. MSc. Marcelo Farqui Delgado y al Ing. Jorge Luis Medina Gutiérrez por el apoyo brindado, consejos y orientación durante la preparación, ejecución y conclusión de mi tesis.

A mis docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica, programa de ingeniería forestal y maderera por las enseñanzas recibidas durante mi etapa de formación profesional.

A los miembros del tribunal revisor Ing. Jhonny Ficono Aliaga, Ing. Ramiro Mendoza Nogales y el Ing. Casto Maldonado Fuentes por las sugerencias y recomendaciones en la redacción final del documento.

A todos ellos MUCHAS GRACIAS

Johnny Eduardo Badani Góngora

DEDICATORIA

Dedicado a las dos personas maravillosas, admirables y sinceras que me dieron la vida...

A ti papa Johnny por ser un ejemplo de vida que sabe ganarse el respeto de muchos...

A ti mama Georgina por ser la mejor madre y compañera en las buenas y en las malas...

A los dos gracias por todo.

Dedicado también a ti y que desde donde estés junto a Dios, por tus enseñanzas, consejos y enseñarme a agradecer cada detalle de la vida...

Gracias Abuelito Néstor Badani Sosa.

A mis Hermanos Boris, Iván y Mary Mar, por sus amistades y apoyo...

A mi compañera de vida Yerania Ostoaga. Por su apoyo incondicional durante el transcurso de mi desarrollo profesional, a mis preciosas hijas Ariana y Alba que Dios me dio la bendición de poder tenerlas para disfrutar el rol de ser padre...

Johnny Eduardo Badani Góngora

ÍNDICE

1. INTRODUCCION.....	- 1 -
1.1. OBJETIVOS.....	- 2 -
1.1.1. Objetivo general.....	- 2 -
1.1.2. Objetivos específicos.....	- 2 -
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	- 3 -
2.1. El rendimiento en la transformación de la madera.....	- 3 -
2.2. Transformación de la madera.....	- 3 -
2.3. Los Aserraderos.....	- 4 -
2.3.1. Tipos de aserraderos.....	- 4 -
2.4. ¿Qué es un Estudio de Rendimiento en el Aserrío de Trozas?.....	- 5 -
2.5. Eficiencia del proceso de Aserrado.....	- 6 -
2.6. Rendimiento Volumétrico total.....	- 6 -
2.7. Diferentes factores que inciden sobre el rendimiento volumétrico de madera aserrada.....	- 8 -
2.8. La estadística como herramienta.....	- 10 -
2.8.1. Estadística descriptiva.....	- 11 -
2.8.3. Regresión.....	- 14 -
2.9. Descripción botánica del Palo María (<i>Calophyllum brasiliense</i>).....	- 14 -
2.9.1. Clasificación Taxonómica.....	- 14 -
2.9.2. Distribución y hábitat.....	- 14 -
2.9.3. Descripción del árbol.....	- 15 -
2.9.4. Descripción de la madera.....	- 15 -
3.1. Ubicación del área de estudio.....	- 16 -
3.2. Descripción del municipio.....	- 17 -

3.3. Límites del municipio	- 17 -
3.4. Descripción del lugar del estudio realizado	- 18 -
3.5. Estructura organizativa del aserradero	- 19 -
3.6. Área de Transición Especial	- 20 -
3.7. Aprovechamiento forestal.....	- 20 -
3.8. Materiales de campo	- 20 -
3.9. Materiales de gabinete	- 21 -
3.10. Metodología.....	- 21 -
3.10.1.Pasos a seguir para la ejecución del estudio de rendimiento	- 21 -
3.10.2.Análisis estadístico.....	- 25 -
4. RESULTADOS.....	- 26 -
4.1. Selección de la muestra y cantidad de trozas	- 26 -
4.2. Separación de las trozas seleccionadas.....	- 27 -
4.3. Medición de las trozas.....	- 27 -
4.4. Proceso de aserrío.....	- 28 -
4.5. Cubicación de la madera aserrada.....	- 28 -
4.6. Determinación del rendimiento de aserrío	- 29 -
4.7. Determinación del factor de conversión	- 30 -
4.8. Análisis estadísticos.....	- 30 -
4.9. Estimación del porcentaje de desperdicio	- 31 -
4.10. Análisis de la Regresión.....	- 32 -
4.11. Análisis económico del rendimiento de madera	- 34 -
5. CONCLUSIONES.....	- 37 -
6. RECOMENDACIONES.....	- 38 -

INDICE DE CUADROS

Tabla 1: Listado de equipos y maquinarias del aserradero COMINMA.....	- 18 -
Tabla 2: Selección de trozas de la especie palo maría para el estudio de rendimiento	- 26 -
Tabla 3: Resultados de la cubicación de madera aserrada de la especie palo maría durante el estudio de rendimiento de aserrío.....	- 28 -
Tabla 4: Resultados del rendimiento promedio de la especie palo maría en madera larga y corta expresada en porcentajes	- 29 -
Tabla 5: Resultados del factor de conversión de la especie palo maría en madera larga y corta expresada en pt	- 30 -
Tabla 6: Estadísticas de los rendimientos promedios de las muestras tomadas para el estudio de rendimiento de la especie palo maría	- 30 -
Tabla 7: Muestras de la especie palo maría para la determinación de la regresión lineal.....	- 32 -
Tabla 8: Estimación de los costos parciales para la realización del estudio de rendimiento	- 34 -
Tabla 9: Estimación de los costos de venta de la producción del estudio de rendimiento.	- 35 -

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Mapa de ubicación del área de estudio.....	- 16 -
Ilustración 2: Organigrama de la empresa Complejo Industrial de Madera (COMINMA).....	- 19 -
Ilustración 3: Forma convencional para medir diámetros y largos en una troza.....	- 22 -
Ilustración 4: Regresión lineal del volumen en tronca versus el volumen en tabla.....	- 33 -

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Fotografías del proceso de aserrío	- 41 -
ANEXO 2: Base de datos de las muestras según la autorización.....	- 44 -
ANEXO 3: Base de datos del aserrío según la fecha de corte.....	- 45 -
ANEXO 4: Tabulación de datos de madera aserrada.....	- 46 -

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la empresa Complejo Industrial de Madera – COMINMA que orienta su trabajo a la producción de madera aserrada. Está ubicada en el municipio de Ixiamas, Provincia Abel Iturralde del Departamento de La Paz.

La especie de estudio es el *Calophyllum brasiliense Cambess* de la Familia *Clusiaceae* conocido con el nombre común de Palo María. Se distribuye ampliamente en las regiones amazónicas de Santa Cruz, Beni, Pando Norte del Departamento de La Paz. Es una madera fácil de procesar, buen acabado superficial. Su albura es permeable y de duramen impermeable moderadamente durable incluso a la intemperie. El pre secado es de velocidad moderada se puede presentar defectos menores.

Según la metodología aplicada se han procesado una muestra de 30 trozas que representa un volumen de 110.26 m³r todas medidas considerando la presencia de corteza. Así mismo se ha obtenido luego de procesada las mismas un volumen total de 23116.48 pt de madera larga y 1583.67 pt de madera corta.

Los resultados obtenidos dan cuenta que el 50.63 % de la madera procesada corresponde a madera larga y el 3.33% corresponde a madera corta haciendo un total de 53.96 % como rendimiento real. Por lo tanto el factor de conversión para madera larga en esta especie es de 214.66 pt y para madera corta es de 14.13 pt haciendo un factor de conversión total de 228.79 pt.

Se estima que el 49.37% se pierde por efecto de desperdicios en orillones, despuntes, aserrín o mala calidad de las trozas.

La ecuación del análisis de la regresión lineal es $y = 0.1583 + 0.4853x$ lo que significa que la pendiente de la recta es de 0.4853 m³s lo que representa que por cada incremento por unidad de volumen de tronca le corresponde este valor. Por otro lado el punto en el que la recta corta al eje de las Y alcanza un valor de 0.1583 m³s.

Como recomendación importante se ha sugerido que la empresa direcciona la busque de mercado para la madera corta con la finalidad de mejorar sus utilidades.

SUMMARY

This work was carried out at the Industrial Wood Complex company - COMINMA, which guides its work to the production of sawn wood. It is located in the municipality of Ixiamas, Abel Iturralde Province of the Department of La Paz.

The species of study is the *Calophyllum brasiliense* Cambess of the Clusiaceae Family known by the common name of Palo María. It is widely distributed in the Amazon regions of Santa Cruz, Beni, Pando Norte of the Department of La Paz. It is an easy wood to process, good surface finish. Its sapwood is permeable and of moderately durable waterproof heartwood even outdoors. Pre-drying is moderate speed, minor defects may occur.

According to the methodology applied, a sample of 30 logs has been processed, representing a volume of 110.26 m³, all measures considering the presence of bark. Likewise, a total volume of 23116.48 pt of long wood and 1583.67 pt of short wood was obtained after processing.

The results obtained show that 50.63% of the processed wood corresponds to long wood and 3.33% corresponds to short wood making a total of 53.96% as real yield. Therefore the conversion factor for long wood in this species is 214.66 pt and for short wood it is 14.13 pt making a total conversion factor of 228.79 pt.

It is estimated that 49.37% is lost as a result of waste in banks, sags, sawdust or poor quality of logs. The equation of the linear regression analysis is $y = 0.1583 + 0.4853x$ which means that the slope of the line is 0.4853 m³, which represents that for each increment per unit of trunk volume this value corresponds to it. On the other hand, the point where the line cuts to the Y axis reaches a value of 0.1583 m³.

As an important recommendation it has been suggested that the company direct the market search for short wood in order to improve its profits.

1. INTRODUCCION

El País cuenta con 52142121.26 hectáreas de Bosques, de las cuales 41235487 hectáreas están clasificadas como Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP), destinadas para realizar Planes Generales de Manejo Forestal. A pesar de la gran superficie de Bosques, solamente 10 millones están bajo Planes de Manejo Forestal (PGMF) de esta superficie 500000 hectáreas corresponden a Áreas Anuales de Aprovechamiento. (ABT, Avance de la Frontera Forestal, 2017).

Actualmente se tiene información técnica de 134 especies maderables, de estas se han explotado las de mayor valor económico entre las que se destacan la mara (*Swietenia macrophylla*), roble (*Amburana cearensis*) y cedro en sus diferentes variedades (*Cedrella odorata* y *Cedrella fissilis*) (PAFBOL, 2000)

Los bosques tropicales se encuentran en los llanos del Norte y Este del país, en los que se han identificado eco zonas forestales. El bosque siempre verde de tierras bajas formación extensas que ocupa la región amazónica de Bolivia y se caracteriza por su alta precipitación. El bosque de los Yungas se encuentra en los valles húmedos de la Cordillera de los Andes en los departamentos de Cochabamba y La Paz. El bosque húmedo subtropical es la zona comercialmente más importante y se caracteriza por un bosque diverso con más de 100 especies potencialmente maderables (JUSTINIANO, 2004)

A medida que se abren los mercados para un mayor número de especies también aumenta la necesidad de contar con información básica de una mayor cantidad de especies. (JUSTINIANO, 2004)

La implementación de la Ley Forestal 1700 del año 1996 trae consigo un nuevo esquema de trabajo para los aserraderos a través de la presentación de un inventario forestal, censo forestal y la elaboración de un plan de manejo y plan anual operativo forestal respectivamente, está mostrando que el aprovechamiento forestal ecológicamente sostenible del bosque solamente será económicamente rentable si se emplea todo el potencial de los recursos maderables y no maderables disponibles, para

así asegurar la sostenibilidad de los recursos naturales del bosque a largo plazo (PAFBOL, 2000)

Por otra parte las Agrupaciones Sociales del Lugar (ASLs) y Tierras Comunitarias de Origen (TCOs) recibieron áreas forestales pobres en maderas preciosas con un rendimiento promedio de 2 a 3 m³r/ha y un aprovechamiento de pocas especies por concesión no teniendo muchas alternativas de mejorar sus ingresos (PAFBOL, 2000).

En Bolivia los estudios de rendimientos de madera aserrada están normados mediante Directrices emitidas por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra (ABT), concretamente el presente estudio se realizó en base a la metodología sugerida por estas Directrices.

La especie palo maría (*Calophyllum brasiliense*) cuenta con muy poca información técnica sobre sus procesos de aserrío y rendimientos que se puedan obtener de la misma. Esta información es muy útil a la hora de tomar decisiones en una empresa maderera por lo tanto la realización del presente estudio coadyuvará a enriquecer esta información para ser aplicado en sus diferentes niveles geográficos: regional, nacional e internacional.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento de madera durante el proceso de aserrío de la especie Palo María (*Calophyllum brasiliense*) en el Municipio de Ixiamas del departamento de La Paz.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de aserrío de la especie Palo maría (*Calophyllum brasiliense*), tomando en cuenta largo y corta
- Realizar el análisis económico del rendimiento de madera de la especie palo maría en el aserradero COMINMA.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. El rendimiento en la transformación de la madera

El incremento de los costos de la madera agudiza la necesidad de aprovechar la troza con mayor eficacia. La industria del aserrío se caracteriza por su escasa eficacia de conversión. La proporción del insumo de trozas que se transforma en madera aserrada rara vez alcanza el 60-70 por ciento. El resto queda en forma de orillones, despuntes, virutas y aserrín. Los informes del Japón acusan índices medios de recuperación nada menos que del 60 al 70 por ciento. Pero la elevación del índice de recuperación no mejora necesariamente el rendimiento económico, ya que éste puede significar sencillamente un incremento de la producción de las calidades inferiores de madera aserrada. Más bien se logrará esta mejora, por ejemplo, con un aserrío más preciso, con la reducción de la vía de sierra y cortando la troza con el máximo aprovechamiento (CATIE, 2005)

2.2. Transformación de la madera

La forma más simple de industrializar la madera a partir de la troza, es su aserrado mediante gran variedad de máquinas y herramientas que pueden ser desde manual hasta los aserríos sumamente automatizados, capaces de producir 250 m³s de madera aserrada en sección de trabajo (ZABALA, 1991)

La posible evaluación de las industrias del aserrío está sujeta a la interacción de un sin número de variables, a las que se agregan constantemente nuevos factores que pueden modificar considerablemente las operaciones iniciales (ZABALA, 1991)

El desarrollo de este sector está influenciado directamente por la materia prima, por la evaluación de la demanda de los productos y de la disposición de absorber cambios técnicos, además influirán de manera determinante los efectos del hombre sobre el medio ambiente (ZABALA, 1991)

Estas tendencias tienen consecuencias importantes sobre la industria del aserrado actual, por lo que a nivel mundial se han implementado diferentes tecnologías que permiten mejorar los indicadores de la eficiencia en los aserraderos, desde las basadas en la aplicación de prácticas de aserrado, apoyándose fundamentalmente en la pericia y habilidad del personal técnico del aserradero y en las características de la materia prima, hasta las que parten de programas de optimización que son capaces de analizar diferentes variables y tomar decisiones de aserrado en un corto intervalo de tiempo (EGAS, 1998).

Por lo tanto, el objetivo es brindar algunas consideraciones para elevar la eficiencia del proceso de transformación mecánica en los aserraderos a partir de la utilización de la herramienta matemática (DENIG, 1990)

2.3. Los Aserraderos

Las instalaciones industriales donde se efectúa la elaboración de la madera en rollo para obtener madera aserrada, reciben el nombre de serrerías o aserraderos (ZABALA, 1991).

En los aserraderos, aunque es recomendable que la operación de elaboración se complemente con la de secado en cámaras de los productos obtenidos, no tienen por qué incluir necesariamente esta última. Generalmente, los productos finales de aserrado, tablonés, tablas, vigas y viguetas se venden con una humedad del 15 al 20 % (ZABALA, 1991)

Reciben el nombre de aserríos porque los elementos o máquinas principales que intervienen en este proceso industrial está constituido exclusivamente por sierras (EGAS, 1998)

2.3.1. Tipos de aserraderos

Los dos tipos de aserraderos que pueden presentarse en esta industria son:

- Instalaciones fijas

- Instalaciones móviles

Las instalaciones fijas, son aquellas que tienen una ubicación permanente y por tanto todos sus elementos responden a esta idea. Sus ciclos de producción suelen ser completos, es decir, sus productos finales, entre otros, pueden ser los siguientes:

- Tablón, en bruto
- Tablón canteado y retestado
- Tablón canteado, retestado y calibrado
- Tablón canteado, retestado, calibrado y clasificado
- Tablón canteado, retestado, calibrado, secado y clasificado.

Así como los mismos productos para la tabla, viga o viguetas. Su producción puede necesitar o no del escalón de re aserrado intermedio (EGAS, 1998)

Las instalaciones móviles, montadas sobre chasis pueden desplazarse hasta las mismas fuentes de abastecimiento de materias primas. Sus productos elaborados suelen ser generalmente tablonés, tablas, viguetas y vigas en bruto. Generalmente necesitan de la industria re aserradora.

La principal ventaja y el origen de las instalaciones móviles es que los residuos y desperdicios quedan en el mismo lugar de elaboración, y lo que se transporta en lugar de ser madera en rollo es producto elaborado o semielaborado, con la consiguiente economía de transporte. La integración de la industria aserradora con la de tableros de partículas anula, en un cierto porcentaje, esta ventaja.

2.4. ¿Qué es un Estudio de Rendimiento en el Aserrío de Trozas?

Un estudio de rendimiento, es la evaluación del volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada. Es decir, es la relación entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en troza. También se define como la determinación del volumen de productos obtenidos versus el volumen de troza empleada (DELGADO GARCÍA, 2004)

2.5. Eficiencia del proceso de Aserrado

Los indicadores de la eficiencia de conversión de las trozas en madera aserrada se pueden dividir en dos grandes grupos:

a) *Los indicadores relacionados con la eficiencia de conversión en volumen (DELGADO GARCÍA, 2004)*

- 1. Rendimiento volumétrico total*
- 2. Porcentaje de desperdicio de aserrín*
- 3. Porcentaje de desperdicio de otros residuos*

b) *Los indicadores de la eficiencia de conversión en valor, también denominados indicadores del rendimiento en valor (DELGADO GARCÍA, 2004)*

- 4. Valor por m³ de madera aserrada*
- 5. Valor por m³ de trozas*

2.6. Rendimiento Volumétrico total

Existen un grupo de autores que consideran dos formas de expresar el rendimiento volumétrico: rendimiento volumétrico por surtidos y rendimiento volumétrico total. El primer indicador no es más que la relación entre el volumen de madera aserrada de un pedido específico o de una clase de calidad determinada y el volumen total de madera aserrada obtenida de una troza o grupo de trozas (ambos volúmenes en m³) expresado en porcentaje (EGAS, 1998).

El rendimiento volumétrico total caracteriza el nivel de utilización de la madera de la troza sin considerar las dimensiones ni la calidad de madera aserrada obtenida por lo que es un indicador importante pero no suficiente para caracterizar la eficiencia de conversión en un aserradero (DENIG, 1990)

Igualmente existe otro grupo de autores que mencionan tres formas de expresar el rendimiento volumétrico: el % de conversión, el factor de conversión de madera aserrada y el factor de conversión cúbico (DENIG, 1990)

1) *El % de conversión (PC)*, es el volumen actual de madera aserrada, expresado en pies tablas, obtenido por pie-tabla de madera aserrada de una troza estimada por la escala neta de Scribner, multiplicado por 100:

$$PC = \frac{\text{Volumen actual de madera (pies tabla)}}{\text{Volumen estimado por escala de Scribner (pies tabla)}} * 100$$

Obsérvese que un pie tabla de madera aserrada equivale a 0,0023597 m³

2) *El factor de conversión de madera aserrada (FCMA)* no es más que la cantidad de pies-tabla nominales de madera aserrada obtenidos por pie cúbico de volumen de una troza multiplicado por 100

$$FCMA = \frac{\text{Volumen nominal de madera aserrada}}{\text{Volumen de la troza}} * 100$$

Obsérvese que un pie cúbico equivale a 0,0283168 m³

3) *El factor de conversión cúbico (FCC)* es el por ciento de volumen cúbico de madera aserrada que se obtiene por unidad de volumen cúbico de una troza.

$$FCC = \frac{\text{Volumen de madera aserrada (m3)}}{\text{Volumen de la troza (m3)}} * 100$$

El volumen de madera aserrada total en cada troza en los aserraderos, se determina sobre la base de las mediciones lineales obtenidas de madera aserrada de acuerdo con las expresiones que se exponen a continuación (DENIG, 1990)

$$Vma = \sum_{i=1}^n (a_i * g_i * l_i)$$

Dónde:

Vma: Volumen de madera aserrada de una troza, m³

a_j, *g_j*, *l_j* : ancho, grueso y longitud de la pieza *i* obtenida de una troza o grupo de troza, m

n: Número de piezas aserradas de una troza

2.7. Diferentes factores que inciden sobre el rendimiento volumétrico de madera aserrada.

1) *Diámetro de las trozas.* La opinión de los especialistas coincide con diversas investigaciones realizadas por Fahey y Ayer-Sachet 1993 indican que el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; demostrándose que en la medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío; por lo tanto el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos.

El efecto del diámetro sobre el rendimiento nos obliga a pensar en la necesidad del perfeccionamiento del aserrado de trozas de pequeñas dimensiones y trazar, además, una política que garantice en lo posible un mayor desarrollo de las existencias maderables con el objetivo de obtener trozas de grandes dimensiones y calidad destinadas a los aserraderos (EGAS, 1998)

2) *Longitud, conicidad y diagrama de troceado.* Se puede afirmar que el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío es afectado por la longitud y por la

conicidad de las trozas. En la medida que aumenten ambos parámetros se incrementa la diferencia entre los diámetros en ambos extremos de la troza (EGAS, 1998)

Por lo tanto una de las formas de incrementar el rendimiento volumétrico es mediante la optimización del troceado, produciendo lógicamente madera aserrada de dimensiones requeridas. Esta observación es de peculiar importancia para la industria cubana del aserrío (EGAS, 1998)

3) Calidad de las trozas. Uno de los factores a tener en cuenta, particularmente en la sierra principal, para maximizar el volumen es la calidad de la troza. Las dimensiones y el volumen de la madera aserrada bajo las prácticas corrientes del procesamiento tienen una relación directa con las diferentes clases de calidad de trozas; por lo que se apoya por diferentes autores la relación de las características de la superficie de las trozas y el rendimiento de madera aserrada para establecer normas para la clasificación de trozas (EGAS, 1998)

El efecto de la calidad de la troza, especialmente la incidencia de trozas torcidas en la calidad y volumen de la madera aserrada. Existe una regla general de que un incremento en 0.1 de la proporción torcedura-diámetro conduce al decrecimiento del rendimiento volumétrico en un 5 % (TODOROKI, 1995).

4) Tipo de Sierra. El ancho de corte influye sobre el rendimiento de madera aserrada ya que una vía de corte ancha se traduce en más pérdida de fibras de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria (EGAS, 1998)

La influencia del tipo de sierra sobre el rendimiento suscita la necesidad de adquirir aserraderos de sierra principal de banda, en lugar de sierra alternativa múltiple o circular, para un mejor aprovechamiento de la materia prima; aspecto este que se logra entre otros aspectos a partir de la regulación del ancho de corte (EGAS, 1998)

Una vía de corte ancha se traduce en más pérdidas de fibra de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria (ZABALA, 1991)

5) Diagrama de corte. Las opiniones de los especialistas coinciden con diferentes autores, que afirman que los diagramas de corte tienen gran incidencia sobre la eficiencia de la conversión de madera aserrada; dependiendo de la calidad de la troza, del diseño del aserrío y de los gradientes de precio de la madera existente (EGAS, 1998)

La aplicación de diagramas de corte teniendo en cuenta el diámetro, longitud, calidad y conicidad de las trozas; así como el tipo de sierra y otros factores, es una variante que favorece el incremento en calidad y cantidad de la producción de madera aserrada. Ello ha sido la base de los programas de optimización que permiten obtener resultados relevantes en la industria del aserrado (EGAS, 1998)

El análisis integral de toda esta información debe contribuir de cierta forma para que los empresarios forestales puedan elaborar estrategias que permitan contrarrestar el efecto negativo o favorecer el efecto positivo de los factores que más influyen sobre el rendimiento volumétrico, condición necesaria para elevar los niveles de aprovechamiento de la materia prima y la eficiencia industrial en general.

2.8. La estadística como herramienta

La estadística es la herramienta básica que se usa en la vida cotidiana. Los métodos estadísticos permiten describir las características de una población, por medio de valores tales como la media, desviación estándar, llamados valores estadísticos. La población se define como el conjunto de unidades o elementos de la misma naturaleza cuya definición debe ser claramente expresada. Un bosque se considera como un conjunto de un número finito de parcelas de igual o desigual tamaño, o como el conjunto de todos los árboles que viven en el bosque (TOLEDO, 2002)

La muestra está formada por colecciones no traslapadas de elementos que cubren la población completa, estas son tomadas para la inferencia. Los elementos son los objetos sobre los cuales se realizan las predicciones (LOPEZ B., 2004)

El valor estadístico (descriptivo), es el valor calculado, que representa ciertas características y que se llama parámetro cuando se calcula de la población. Cuando se toma de una muestra se llama estadístico (LOPEZ B., 2004)

2.8.1. Estadística descriptiva

La estadística descriptiva analiza, estudia y describe los individuos de una población. Su finalidad es obtener información, analizarla, elaborarla y simplificarla lo necesario para que pueda ser interpretada cómoda y rápidamente y, por tanto, pueda utilizarse eficazmente para el fin que se desee. El proceso que sigue la estadística descriptiva para el estudio de una cierta población consta de los siguientes pasos:

- Mediante encuesta o medición, obtención del valor de cada individuo en los caracteres seleccionados.
 - Elaboración de tablas de frecuencias, mediante la adecuada clasificación de los individuos dentro de cada carácter.
 - Representación gráfica de los resultados (elaboración de gráficas estadísticas).
- Obtención de parámetros estadísticos, números que sintetizan los aspectos más relevantes de una distribución estadística (LOPEZ B., 2004)

a) Media aritmética

Es una media de tendencia central para describir una característica de la población y se define por la fórmula (15):

$$X = \frac{\sum Xi}{N}$$

En donde

X_i = valor observados de la i -ésima unidad muestral

N = Número de unidades de la muestra (tamaño de la muestra)

b) Desviación estándar

Es el índice de dispersión más usado para medir la desviación de los valores individuales con respecto a la media. Un valor bajo indica una población homogénea, un valor alto indica una población heterogénea. La desviación estándar se puede estimar por dos fórmulas

$$S = \sqrt{\frac{\sum xi^2 - (\sum xi)^2}{n-1}}$$

S = Desviación estándar

Xi = valor observado de la i-ésima unidad muestral

n = tamaño de la muestra

c) Coeficiente de variación

Es el índice usado para la dispersión en términos relativos y equivale a expresar la desviación como porcentaje de la media. El coeficiente de variación permite comparar la variabilidad de población que tiene diferentes medias y se calcula por (16)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

De donde:

CV = Coeficiente de variación en %

S = Desviación estándar

x = Media aritmética

d) *Error estándar*

En un muestreo lo que más nos interesa, aparte de la media, es conocer su exactitud. Se sabe que cada media es estimada con base en un muestreo. Tiene un error estadístico, el cual también hay que calcular. A diferencia de la desviación que mide el promedio de las desviaciones de las observaciones individuales respecto de la media muestra, el error estándar mide el desvío de las medias muestrales respecto de la media.

Esta se calcula por la fórmula (MAGA, 2000):

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{nx(1 - \frac{n}{N})}}$$

De donde:

S = desviación estándar

n = tamaño de la muestra (número de unidades muestrales)

N = tamaño de la población (expresado en parcelas)

2.8.2. **Calculo del número de muestras**

Para determinar el tamaño de muestra se procedió a la realización de un muestreo previo para poder determinar la varianza y la media de los datos recopilados para poder hacer uso de la fórmula del MSA (muestreo simple aleatorio) que se muestra a continuación (MAGA, 2000):

$$n = \frac{N \times S^2 \times Z^2_{(\alpha/2)}}{N \times d^2 + (S^2 \times Z^2_{(\alpha/2)})}$$

En donde:

n= Tamaño de muestra definitivo (número de trozas a evaluar)

N= Tamaño de la población (cantidad de trozas procesadas por aserradero)

d= Precisión de muestreo utilizada (Para ambos aserraderos 10%)

S²= Varianza encontrada en el muestreo preliminar

Z²= Valor de significancia para una distribución Normal

2.8.3. Regresión

Para el proceso de estimar una de las variables (la variable dependiente) de la otra (la variable independiente), se pueden utilizar las siguientes (LOPEZ B., 2004)

Tipo de Regresión

- Lineal
- Logarítmica
- Exponencial
- Parabólica
- y de potencias

Los modelos serán seleccionados según su coeficiente de correlación siempre que este sea mayor de 0.80.

2.9. Descripción botánica del Palo María (*Calophyllum brasiliense*)

2.9.1. Clasificación Taxonómica

- Nombre científico: *Calophyllum brasiliense* Cambess.
- Familia : *Clusiaceae*
- Nombres comunes: Palo maría

2.9.2. Distribución y hábitat

Se distribuye ampliamente en regiones amazónicas de Santa Cruz, Beni, Pando y Norte de La Paz. Esta especie crece en depresiones inundables y en llanuras de

bosques altos húmedo ribereños. Se encuentra con flores después de las primeras lluvias de septiembre y con frutos en plena época lluviosa, de diciembre a febrero (JUSTINIANO, 2004)

2.9.3. Descripción del árbol

Árbol mediano a grande entre 15-28 m de altura y 60 cm de dap. Corteza externa áspera, fisurada, externamente de color gris oscura, interiormente crema amarillenta; resina amarilla y pegajosa poco abundante. La madera es rosada pálida. Fuste recto cilíndrico. Hojas verdes brillantes en el haz y verde claras en el envés, tienen abundantes nervaduras secundarias paralelas entre si y perpendiculares a la principal. Flores crema amarillentas, crecen en racimos de hasta 5 cm de largo. Fruto esférico, duro, café claro al madurar (JUSTINIANO, 2004)

2.9.4. Descripción de la madera

El color de la albura es rosado y duramen de marrón rojizo, brillo mediano de grano entre cruzado con veteado suave y de textura media (PAFBOL, 2000)

Los anillos de crecimiento son visibles con lupas con un promedio de 19 anillos en un radio de 10 x. Poros visibles a simple vista y difusa. Parénquima también visible a simple vista en cantidad abundante (PAFBOL, 2000)

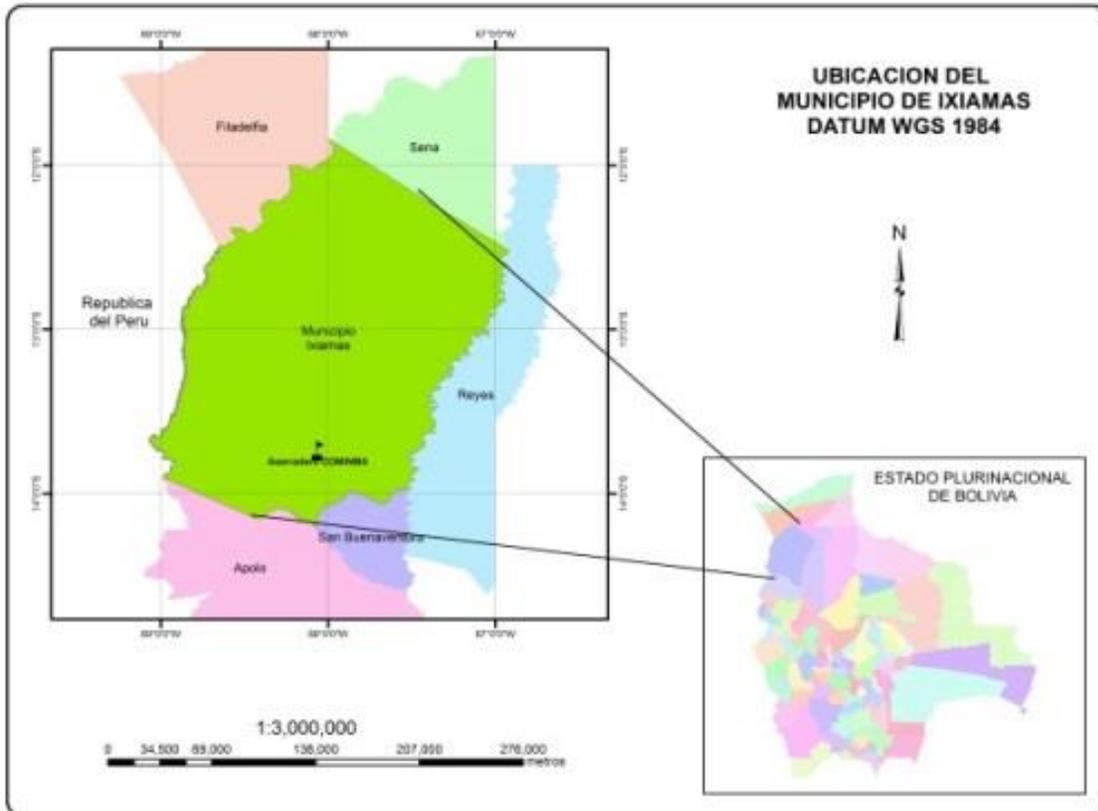
El contenido de humedad en verde es del 3% con una densidad básica de 0.55 gr/cm² y una densidad al 12% de 0.66 gr/cm² (PAFBOL, 2000)

Es una madera fácil de procesar, buen acabado superficial. Su albura es permeable y de duramen impermeable moderadamente durable incluso a la intemperie. El pre secado es de velocidad moderada se puede presentar defectos menores. El secado en hornos es lento (PAFBOL, 2000)

Sus usos son en construcción puertas, ventanas, marcos, láminas de enchape y parquet y pisos.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del área de estudio



*Ilustración 1:
Mapa de ubicación del área de estudio*

El área de estudio se lleva a cabo en el aserradero Complejo Industrial de Madera (COMINMA) ubicado entre las coordenadas:

13°44'20.46" Latitud Sur

68°03'36.56" Longitud Oeste

Políticamente corresponde al municipio de Ixiamas Provincia Abel Iturralde, Departamento de La Paz del Estado Plurinacional de Bolivia (MEDINA, 2018)

3.2. Descripción del municipio

El municipio de Ixiamas es la Capital de la Provincia Abel Iturralde, cuenta con 3000 habitantes integrado en un alto porcentaje por descendientes de los grupos étnicos originarios Tacanas y Chimanes. Se ha notado una progresiva migración de otras provincias de La Paz y de otras ciudades del Altiplano que se ocupan generalmente en actividades de comercio (MEDINA, 2018)

Su economía está sustentada en tres principales actividades: la agricultura, el sector pecuario o ganadero y la actividad forestal.

La agricultura que se practica por lo general es de subsistencia, ya que muchos productos de la canasta familiar son transportados desde otros puntos del país. Entre los productos agrícolas que se destacan en la región tenemos: arroz, plátano, yuca, maíz, etc.

La actividad ganadera es todavía incipiente, sin embargo abastece a algunos mercados de otras ciudades y provincia de La Paz.

La actividad forestal se constituye en el principal pilar de la economía de la zona, el efecto multiplicador de la misma es muy importante sobre todo por la presencia de aserraderos las cuales durante las épocas de zafras aumenta la demanda de una gran variedad de materiales, insumos, víveres, equipos y otros (MEDINA, 2018)

3.3. Límites del municipio

De acuerdo a la cartografía disponible los límites del municipio de Ixiamas son las siguientes:

- **Norte:** Municipio El Sena y Filadelfia del Departamento del Pando
- **Sur:** Municipio de San Buenaventura y Apolo del Departamento de La Paz
- **Este:** Municipio de Reyes del Departamento del Beni
- **Oeste:** República del Perú

3.4. Descripción del lugar del estudio realizado

El estudio se realizó en el aserradero Complejo Industrial de Madera (COMINMA), ubicado a 9 km sobre la carretera a la Comunidad San Pedro con dirección Norte.

El mismo tiene una superficie predial de 34.68 hectáreas sobre la cual se hayan instalados 2 aserraderos denominado Galpón 1 y Galpón 2. El presente estudio se realizó en el Galpón 1.

El aserradero consta de las siguientes maquinas:

Tabla 1:

Listado de equipos y maquinarias del aserradero COMINMA

Nro.	Tipo de equipo y maquinaria	Marca	Modelo	Especificaciones técnicas	Año de compra
1	Sierra sinfín	SCHIFFER	DT135E	Volantes laminados de 1350 mm para hoja de 7" y 9,75 m de largo, motor de 75 HP de 1400 rpm	1998
2	Carro porta troncas	SCHIFFER	1CDR	4 escuadras y 8 juegos de buje doble eje, guinche del carro de avance reversible de mango hidráulico, rieles de hacer de 8 m y motor de 20 CV de 2460 rpm	1998
3	Guinche para arrastre de troncas	WEG	132M0593	Con plumas de cuello largo y motor de 7,5 CV de 960 rpm	1998
4	Afiladora	SCHIFFER	AFCF2905	P/ hoja de 7"equipado con motor de 1 CV de 1425 rpm y 0,75 CV 2850 rpm con rodillo de 2"	1998
5	Laminadora	SCHIFFER	710680	P/ hoja de 7"equipado con motor de 1 CV de 1420 rpm rodillo de 2"	1998
6	Despuntadora			Con recorrido de 60 cm brazo de 2,2 m de largo con regulador de hoja y sierra circular regulable de 14" con motor de 5 CV 1435 rpm	1998
7	Desorilladora	SCHIFFER	R250	Con mesa de 1,2 x 1,00 de ancho con 4 correas B75, sierra circular regulable de 16"con motor de 15 CV y 1435 rpm	1998
8	Recuperadora	SCHIFFER		Sierra circular de 14"moptor de 7,5 CV 1440 rpm	1998
9	Prensa de soldar	LINCOL		2 cauteles de 1,5" para hoja de 7"	1998
10	Fragua	LANGER		Con motor de 0,33 CV 2800 rpm	1998
11	Chanfleadora	LANGER	A0032	Con motor de 1 CV 1450 rpm	1998
12	Amoladora	SKILSAW		De 7 1/4"de 4600 rpm	1998
13	Taladro	BOSCH	PSB 500 RE	Para broca de 1/2	2000
14	Esmeril	BAMBOZZI	SKILO	Motor de 0,5 HP 3000 rpm	2000
15	Mesa parqueteadora	SCHIFFER		Motor de 7,5 CV 2910 rpm sierra de 10"	2000
16	Mesa parqueteadora despuntadora	SCHIFFER		Motor de 2 CV 2900 rpm sierra de 10"	2000
17	Generador de luz	CATERPILLAR	D336	Capacidad de 180 KW	1998

Nota: Fuente, Programa de Abastecimiento y procesamiento de materia prima, 2019

Este tipo de aserradero en condiciones normales tiene una capacidad de producción de 40 m³r por día por turno.

3.5. Estructura organizativa del aserradero

El Aserradero COMINMA presenta una estructura organizativa que se refleja en un organigrama la cual se muestra a continuación:

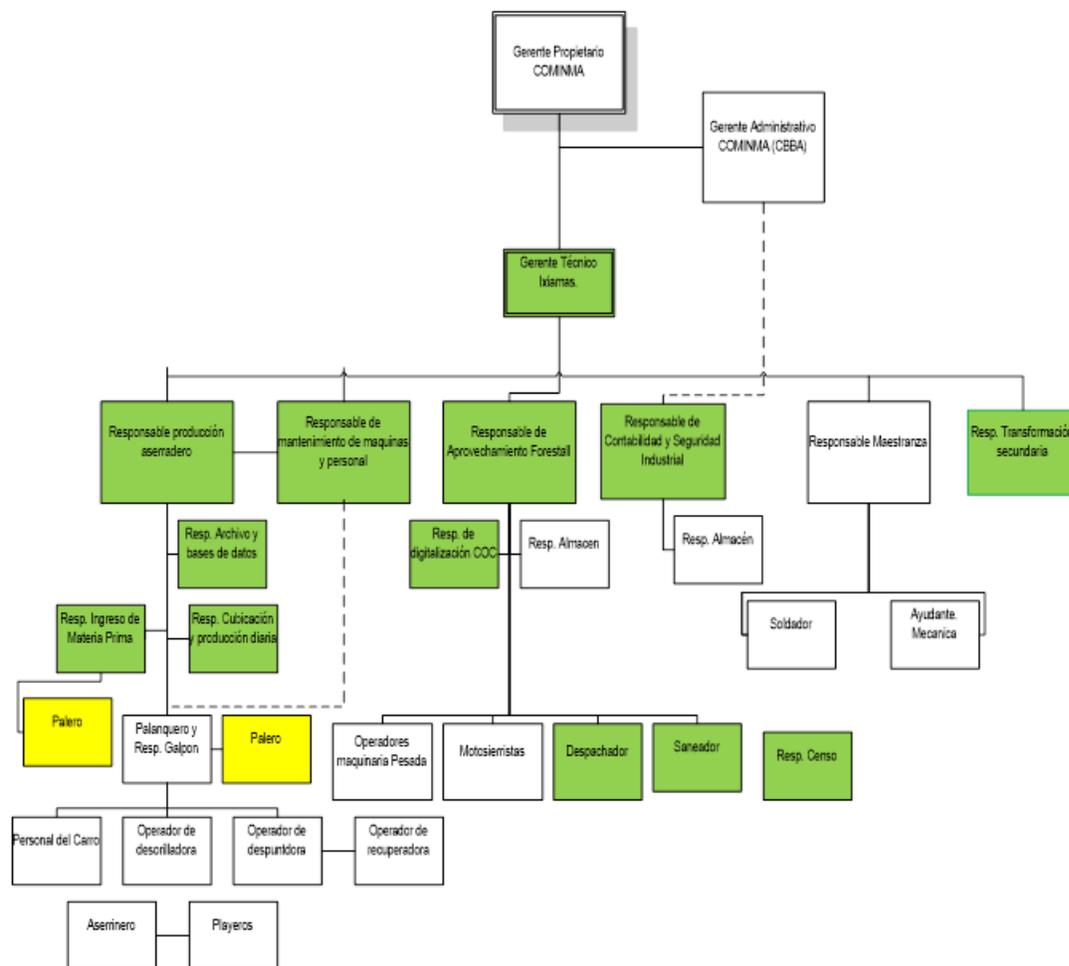


Ilustración 2:
Organigrama de la empresa Complejo Industrial de Madera (COMINMA).

3.6. Área de Transición Especial

Como fuente de abastecimiento el aserradero COMINMA posee un Área de Transición Especial (ATE) de 33946 hectáreas de la cual se provee de materia prima entre las que se encuentra la especie Palo María (*Calophyllum brasiliense*).

Esta Área tiene elaborado un Plan General de Manejo Forestal realizado en base a un inventario forestal de reconocimiento efectuado en el año 2007 y actualizado en el año 2015.

Así mismo ha sido auditada durante varias oportunidades para obtener la Certificación. En estos momentos cuenta con certificado verde otorgado por la Autoridad de Fiscalización y Control social de Bosques y Tierras (ABT)

3.7. Aprovechamiento forestal

De acuerdo al Plan General de Manejo Forestal de COMINMA se cuenta con una gama de 44 especies para su aprovechamiento las cuales son la base para la producción en el aserradero. Dentro de estas especies se encuentra *Calophyllum brasiliense* (palo maría) que reporta un volumen promedio de 0.203 m³/ha según el inventario forestal complementario realizado en el año 2014.

3.8. Materiales de campo

Entre los materiales de campo se utilizaron el aserradero del galpón 1 compuestos por las maquinarias descritas en el cuadro No. 1, también fue necesario el uso de una pala cargadora tipo CATERPILLAR 938G para el manipuleo tanto de las trozas como de las tablas aserradas.

Otros materiales menores como ser:

- Pintura spray color rojo y verde
- Pintura al agua color blanco
- Clavos de 2 pulgadas

- Placas metálicas de 5 x 5 cm
- Crayón de diferentes colores
- Tizas
- Flexómetros de 3 y 5 metros

3.9. Materiales de gabinete

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Planillas o partes diario de producción
- Mapas de ubicación
- Computadora
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Material de escritorio necesario

3.10. Metodología

3.10.1. Pasos a seguir para la ejecución del estudio de rendimiento

Para el presente estudio se utilizó como metodología básica la sugerida por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra (ABT) a través de la Directriz Técnica ABT Nro. 004/2012, en este sentido los pasos a seguir fueron los siguientes:

Paso 1: Selección de la muestra y cantidad de trozas

Para iniciar el estudio de rendimiento se debe tener un mínimo de 100 trozas almacenadas en su patio de acopio para especies abundantes 50 para especies poco abundantes.

El mínimo de trozas que conformara la muestra de especies consideradas como abundantes deberá ser de 50 y para las especies poco abundantes el mínimo de trozas por muestra deberá ser de 30.

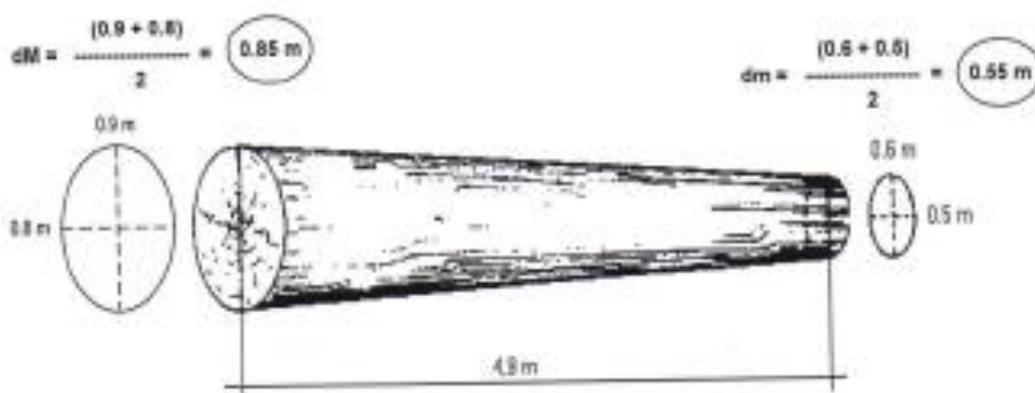
Se debe tener en cuenta que si una especie es abundante (≥ 1 ind/ha) o poco abundante (< 1 ind/ha), se deberá analizar los valores de densidad de cada una de las especies a estudiar a partir de la información proporcionada en los censos forestales (ABT, 2012)

Paso 2: Separación de las trozas seleccionadas

Las trozas seleccionadas para el estudio de rendimiento deberán ser separadas para su respectivo marcado con pintura y debidamente paqueteados indicando el número de troza correlativa de 1 a n... según sea abundante o poco abundante (ABT, 2012)

Paso 3: Medición de las trozas

Una vez que hayan sido marcadas o codificadas las trozas, se deben medir su longitud (en metros), así como sus diámetros incluyendo corteza en los extremos mayor y menor (en metros). Para ello se debe emplear cinta métrica. En cada extremo por lo menos se debe tener dos mediciones si el área es irregular se podrá medir más de dos veces, para posteriormente sacar un promedio de diámetro por extremo. A continuación se muestra una gráfica con dos mediciones de diámetro en cada extremo de la troza:



*Ilustración 3:
Forma convencional para medir diámetros y largos en una troza*

Para el cálculo del volumen se utilizara el propuesto por *Smalian* (CHAVEZ A. , 1997):

$$0.7854 \times \frac{dM^2 + dm^2}{2} \times L$$

Dónde:

dM: Diámetro mayor promedio (metros)

dm: Diámetro menor promedio (metros)

L: Longitud (metros)

Paso 4: Proceso de aserrío

El proceso de aserrío consta de una serie de operaciones que van desde que las trozas son colocadas sobre la sierra, hasta que son convertidas en madera aserrada como tablas, tablones vigas etc.

La troza seleccionada para la obtención del rendimiento, normalmente es trasladada mediante un guinche al carro porta trozas, donde por medio del mismo se ejecuta el corte en la sierra cinta o sierra sin fin, saliendo de allí tablones que posteriormente son recibidos en la plataforma receptora. Durante el proceso de aserrío se debe tomar en cuenta el marcado de tablas, la medición y cuantificación de las tablas y la cuantificación del volumen recuperado.

- **Marcado de tablas.**- Las tablas resultantes del aserrío, deberán ser marcados en su superficie o en las puntas de las tablas con algún tipo de marcador semipermanente (crayón por ejemplo). Según vayan saliendo las tablas, estas deberán ser acopiadas en un área preparada para su efecto.
- **Medición y clasificación de tablas.**- Una vez desorillada y despuntada todas las tablas, inmediatamente y por efectos prácticos, se debe proceder a tomar las

medidas correspondientes a cada pieza producto del aserrío como el ancho y espesor (en pulgadas) y largo (en pies).

- **La clasificación de las tablas por calidad.-**, será realizada tomando en cuenta los largos en: madera corta (menor a 7 pies) y madera larga (mayor o igual a 7 pies)
- **Cuantificación del volumen de madera residual del proceso de aserrío.-** Este producto deberá ser cuantificado a que es un residuo que es parte de la troza y muchas veces es comercializado para ser utilizada como leña fabricación de palos de escoba, cajas, etc. Este volumen se cuantificara midiendo las piezas en ancho, largo y espesor en pies tablares.

Paso 5: Cubicación de la madera aserrada

- **Cubicación de la madera aserrada (tablas).-** Para determinar el volumen de madera en tablas se aplicara la siguiente formula (CHAVEZ A. , 1997)

$$Volumen = \frac{L \times A \times E}{12}$$

Dónde:

L: Longitud de la tabla en pies

A: Ancho de las tabla en pulgada

E: Espesor de la tabla en pulgada

Para fines de realizar los cálculos de rendimiento de aserrío, el volumen en pies tablares se debe transformar en metros cúbicos (m³). Para esto se debe considerar que un metro cubico tiene 423.84 pies tablares

- **Cubicación de la madera residual del proceso de aserrío.-** Como muchas veces los productos residuales poseen formas irregulares, estos pueden ser expresados en volúmenes estimados a partir de la medición de sus partes más regulares.

Paso 6: Determinación del rendimiento de aserrío

Para obtener el rendimiento en porcentajes se deberá aplicar la siguiente relación (ABT, 2012):

$$R = \frac{\text{Volumen en tablas (m}^3\text{s)}}{\text{Volumen en troza (m}^3\text{r)}} \times 100$$

Los cálculos de rendimiento de aserrío de madera deberán realizarse para cada una de las trozas, de tal manera que posteriormente se pueda obtener un promedio del rendimiento de aserrío, así como también su desviación estándar, error estándar, intervalo de confianza y coeficiente de variación.

3.10.2. Análisis estadístico

Básicamente se aplicará estadística descriptiva mediante los indicadores estadísticos como ser:

- Media aritmética
- Desviación estándar
- Coeficiente de variación
- Error estándar

Así mismo se procederá a realizar un análisis de regresión lineal para evaluar su correlación entre las variables dependientes e independientes.

4. RESULTADOS

4.1. Selección de la muestra y cantidad de trozas

La procedencia de las trozas de la especie palo maría seleccionadas para este estudio corresponde a dos áreas de aprovechamiento de la concesión COMINMA, una denominada área anual de aprovechamiento 2014 compartimento 2 (AAA 2014-2) y la otra denominada área anual de aprovechamiento 2015 compartimento 1 (AAA 2015-1) con superficies de 304.43 y 1100.14 hectáreas respectivamente e identificadas mediante Resolución Administrativa RU-ABT-IXA-POAF-400-2016 y RU-IXA-POAF-491-2016.

De acuerdo a la ficha técnica consultada de cada una se trata de una especie poco abundante puesto que ambos casos su abundancia es menor a 1 arb/ha, por lo tanto la selección de la muestra correspondió a 30 trozas según el siguiente detalle:

Tabla 2:
Selección de trozas de la especie palo maría para el estudio de rendimiento

Código de la muestra	Nro. de árbol	Sección de la troza	Área Anual de Aprovechamiento	Diámetro mayor (cm)	Diámetro menor (cm)	Largo (m)	Volumen (m ³ r)
ER-01	10441	A	AAA 2014-2	0,58	0,54	7,00	1,72
ER-02	7428	C	AAA 2014-2	1,04	1,04	6,90	5,86
ER-03	7538	A	AAA 2014-2	0,84	0,64	3,80	1,63
ER-04	7538	B	AAA 2014-2	0,64	0,55	6,40	1,78
ER-05	10179	B	AAA 2014-2	0,63	0,61	4,40	1,33
ER-06	7457	A	AAA 2014-2	0,67	0,6	9,75	3,09
ER-07	10748	A	AAA 2014-2	0,95	0,8	8,20	4,93
ER-08	8375	A	AAA 2014-2	1,00	0,87	7,90	5,42
ER-09	10179	A	AAA 2014-2	0,78	0,63	7,30	2,85
ER-10	6402	B	AAA 2015-1	0,61	0,57	7,30	2,00
ER-11	7271	A	AAA 2015-1	0,95	0,74	10,00	5,61
ER-12	10254	B	AAA 2015-1	0,84	0,74	7,85	3,85
ER-13	10254	A	AAA 2015-1	1,06	0,84	7,30	5,17
ER-14	6402	A	AAA 2015-1	0,69	0,61	8,80	2,92
ER-15	7305	B	AAA 2015-1	0,74	0,69	7,20	2,89
ER-16	10641	A	AAA 2015-1	0,82	0,72	6,40	2,98
ER-17	10857	B	AAA 2015-1	0,93	0,86	7,40	4,66
ER-18	10646	A	AAA 2015-1	1,40	1,2	4,20	5,57
ER-19	10307	A	AAA 2015-1	0,96	0,83	4,20	2,64

ER-20	10574	A	AAA 2015-1	0,73	0,6	10,70	3,72
ER-21	7579	B	AAA 2015-1	0,88	0,88	7,40	4,50
ER-22	10559	A	AAA 2015-1	0,85	0,62	11,40	4,84
ER-23	7579	A	AAA 2015-1	1,08	0,88	7,30	5,51
ER-24	10307	B	AAA 2015-1	0,83	0,76	7,50	3,72
ER-25	10857	A	AAA 2015-1	1,10	0,93	6,40	5,18
ER-26	5814	A	AAA 2015-1	0,79	0,61	8,80	3,39
ER-27	10456	A	AAA 2014-2	0,56	0,45	11,60	2,32
ER-28	8375	B	AAA 2014-2	0,87	0,69	9,55	4,56
ER-29	7428	B	AAA 2014-2	1,10	1,04	4,20	3,78
ER-30	10748	B	AAA 2014-2	0,80	0,79	3,70	1,84
TOTAL						110,26	

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2019

Los resultados respecto a la selección de la muestra nos indican la existencia de 13 trozas de la AAA 2014-2 y 17 trozas de la AAA 2015.

4.2. Separación de las trozas seleccionadas

Siguiendo la metodología del estudio de rendimiento se procedió a separar las trozas seleccionadas a las cuales se pintaron los extremos de cada troza y colocando una plaqueta metálica con la inscripción con el acrónimo ER seguido del numero correlativo de 1 al 30.

Por lo tanto se han separado 30 trozas resultado de un sorteo al azar las cuales serán aserradas para proseguir con el estudio de rendimiento.

4.3. Medición de las trozas

Aplicando la fórmula de Smalian según indica la metodología se ha obtenido como resultado que el volumen total obtenido de las 30 trozas es de 110.20 m³r siendo los extremos del volumen menor de 1.33 y del volumen mayor de 5.86 m³r (Ver tabla 2).

4.4. Proceso de aserrío

El proceso de aserrío se realizó teniendo en cuenta todos los aspectos de seguridad y protección industrial para la obtención de las tablas o maderas aserradas en sus diferentes dimensiones.

Por lo tanto se obtuvieron 30 paquetes de tablas de 2 pulgadas de espesor, cada una identificada con el número de muestra correspondiente.

Como resultado del proceso de aserrío se obtuvieron 30 paquetes de madera aserrada, cada una de ellas pertenece a cada troza procesada.

Básicamente, el proceso de aserrío se ha basado en el uso de la rampla, sierra sin fin, desorilladora, despuntadora, recuperadora y finalmente almacenamiento y organización del producto final, teniendo cuidado de no perder de vista el número de troza respectiva.

Cada paquete se ha organizado según los largos (de menor a mayor) provisto de una plaqueta ubicado en unos de sus extremos, pintado de color verde alrededor del paquete como así también inscrito el número de paquete según el código de muestra asignada.

La toma de datos de las maderas aserradas se realizó en planillas de campo que se diseñaron especialmente para el presente estudio. Estos datos reflejan las dimensiones en largo, ancho y espesor de cada tabla.

4.5. Cubicación de la madera aserrada

Como resultado de la cubicación de la madera aserrada se obtenido el volumen en madera larga como en madera corta los cuales se resumen en el siguiente cuadro:

*Tabla 3:
Resultados de la cubicación de madera aserrada de la especie
palo maría durante el estudio de rendimiento de aserrío*

Variable	Resultados
Vol. Mad. Aserr. Larga en pt.	23116,48 pt
Vol. Mad. Aserr. Corta en pt	1583,67 pt

Conversión mad. Aserr larga en m ³ s	54,52	m ³ s
Conversión mad. Aserr corta en m ³ s	6,41	m ³ s
Porcentaje en larga	93,59	%
Porcentaje en corta	6,41	%

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2019

De acuerdo a los resultados obtenidos tenemos que un 93.59 % corresponden a madera larga (todas aquellas piezas mayor o igual a 7 pies de largo) y 6.41% corresponde a madera corta (todas aquellas piezas menor a 7 pies de largo).

Teniendo en cuenta que como factor de equivalencia que 1 m³ es igual a 423.84 pt redondeado a 424 pt y realizando el cálculo de madera aserrada en m³ se ha obtenido que 23116.48 pt equivale a 54.52 m³ de madera aserrada y 1583.67 pt equivale a 3.74 m³ de madera aserrada.

4.6. Determinación del rendimiento de aserrío

Aplicando la fórmula para la determinación del rendimiento de aserrío señalado en el capítulo de metodología y organizado en la base de datos se han obtenido los siguientes resultados:

*Tabla 4:
Resultados del rendimiento promedio de la especie palo maría en madera larga y corta expresada en porcentajes*

Variable	Resultados
Rendimiento promedio en larga	50,63 %
Rendimiento promedio en corta	3,33 %
Total rendimiento promedio	53,96 %

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2019

Es decir, que el rendimiento promedio para la obtención de madera aserrada mayores o iguales a 7 pies de largo es del 50.63 %, mientras que el rendimiento promedio para la obtención de madera aserrada menores a 7 pies de largo es de 3.33 % obteniéndose un total de 53.96%

4.7. Determinación del factor de conversión

La determinación del factor de conversión nos refleja los valores en pies tablares que deberíamos aplicar al momento de realizar los cálculos de esta conversión.

Los resultados que se han obtenido de esta conversión son los siguientes:

*Tabla 5:
Resultados del factor de conversión de la especie palo maría en
madera larga y corta expresada en pt*

Variable	Resultados
Factor de conversión promedio en larga	214,66 pt
Factor de conversión promedio en corta	14,13 pt
Total promedio	228,79 pt

Nota: Fuente, elaboración propia, 2019

El factor de conversión en madera larga es de 214.66 pt mientras que en madera corta es de 14.13 pt haciendo un total de 228.79 pt.

4.8. Análisis estadísticos

La aplicación de estadística descriptiva ha permitido ver los valores centrales y de dispersión de las diferentes variables estudiadas en este documento. En el siguiente cuadro se resumen los resultados de esta estadística:

*Tabla 6:
Estadísticas de los rendimientos promedios de las muestras tomadas para el estudio de
rendimiento de la especie palo maría*

Parámetros estadísticos	Rend larga (%)	Rend corta (%)	Total Rendimiento (%)	Coficiente de conversión en larga (pt)	Coficiente de conversión en corta (pt)	Total coeficiente de conversión (pt)
Tamaño de la muestra	30	30	30	30	30	30
Mínimo	17,39	0,06	19,28	73,74	0,27	81,73
Máximo	98,89	10,69	102,44	419,30	45,32	434,36
Media	50,63	3,33	53,96	214,66	14,13	228,79
Desv Stan	19,15	2,51	19,98	81,20	10,64	84,72
Rango	81,50	10,62	83,17	345,56	45,05	352,63

Coef Var	37,83	75,27	37,03	37,83	75,27	37,03
Error Tip	3,50	0,46	3,65	14,83	1,94	15,47
Error Mue	6,91	13,74	6,76	6,91	13,74	6,76
Tabla T	1,697	1,697	1,697	1,697	1,697	1,697
Lim Sup	56,56	4,11	60,15	239,81	17,43	255,03
Lim Inf	44,69	2,56	47,77	189,50	10,84	202,54
Confianza	86,19	72,51	86,48	86,19	72,51	86,48

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2019

Como se puede observar se tienen los resultados:

- Los referidos a los rendimientos de aserríos expresados en porcentaje donde la media de madera larga es de 50.63 %, de madera corta de 3.33 % y la media general es de 53.96 %.
- Y los relacionados a los factores de conversión expresados en pt donde la media de madera larga es de 214.66 pt, madera corta de 14.13 pt y la media general es de 228.79 pt.

4.9. Estimación del porcentaje de desperdicio

Si partimos que el rendimiento general de esta especie es de 53.96% entonces podemos deducir que el porcentaje de desperdicio o residuo es la diferencia del total, es decir, en nuestro caso este valor sería del 46.04%.

Y si este último valor lo relacionamos con el coeficiente de conversión teniendo en cuenta que 1 m³ equivale a 424 pt tendríamos que para estimar el residuo o desperdicio se basaría en 195.21 pt, que sería la cantidad de pt que se pierde por cada metro cubico aserrado.

Los desperdicios o residuos se van en:

- ✓ Orillones largos con cascara y sámago resultado del proceso en la sierra sin fin
- ✓ Orillones largos de anchos menores que resultan del proceso en la desorilladora
- ✓ Despunte cortos menores a 1 pie de largo que resulta del proceso de la despuntadora y que de ahí puede recuperarse algo.
- ✓ Desperdicios por aserrín en cada una de las maquinas del aserradero

4.10. Análisis de la Regresión

Para estudiar la relación entre las variables de los volúmenes en troncos con los volúmenes en tabla se ha utilizado la técnica de la regresión lineal.

*Tabla 7:
Muestras de la especie palo maría para la determinación de la regresión lineal*

Muestra	Volumen tronca (m3) X	Volumen tabla (m3) Y	X ²	XY	Y ²
ER-01	1,72	0,89	2,97	1,54	0,80
ER-02	5,86	2,55	34,36	14,93	6,49
ER-03	1,63	0,77	2,67	1,26	0,60
ER-04	1,78	0,89	3,17	1,59	0,80
ER-05	1,33	1,36	1,76	1,81	1,85
ER-06	3,09	1,26	9,53	3,90	1,59
ER-07	4,93	2,88	24,31	14,22	8,32
ER-08	5,42	2,93	29,42	15,88	8,57
ER-09	2,85	0,69	8,12	1,98	0,48
ER-10	2,00	1,47	3,98	2,93	2,15
ER-11	5,61	2,81	31,45	15,75	7,89
ER-12	3,85	3,18	14,81	12,23	10,10
ER-13	5,17	2,26	26,77	11,68	5,09
ER-14	2,92	0,56	8,53	1,64	0,32
ER-15	2,89	1,76	8,36	5,10	3,12
ER-16	2,98	1,31	8,88	3,92	1,73
ER-17	4,66	2,91	21,67	13,53	8,45
ER-18	5,57	3,40	31,08	18,94	11,54
ER-19	2,64	2,20	6,98	5,82	4,85
ER-20	3,72	0,79	13,81	2,94	0,62
ER-21	4,50	3,35	20,26	15,09	11,23
ER-22	5,51	2,65	30,32	14,58	7,01
ER-23	4,84	1,94	23,40	9,38	3,76
ER-24	3,72	2,09	13,86	7,78	4,37
ER-25	5,18	2,36	26,82	12,23	5,58
ER-26	3,39	1,34	11,47	4,53	1,79
ER-27	2,32	1,09	5,40	2,53	1,19
ER-28	4,56	1,81	20,82	8,24	3,26
ER-29	3,78	3,76	14,26	14,19	14,12
ER-30	1,84	0,99	3,37	1,82	0,98

Totales	110,26	58,26	462,63	241,95	138,65
---------	--------	-------	--------	--------	--------

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2019

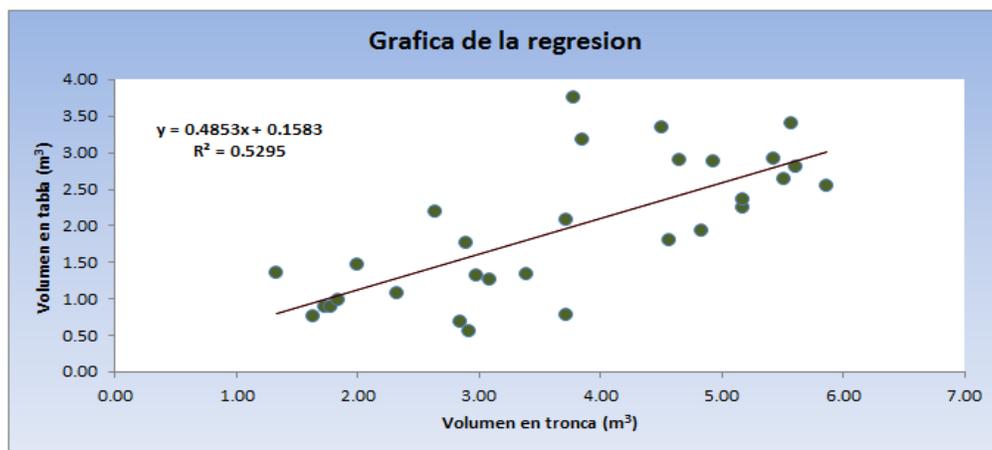


Ilustración 4:
Regresión lineal del volumen en tronca versus el volumen en tabla

Para ello se a construido una grafica resultando la observacion de una nube de puntos a la cual se ha trazado una linea y se ha obtenido la ecuacion de la misma:

$$y = 0.1583 + 0.4853x$$

La pendiente de esta recta está representada por el valor de 0.4853 m³s (volumen tabla) lo que representa que por cada incremento por unidad de volumen de tronca le corresponde este valor. Por otro lado el punto en el que la recta corta al eje de las Y alcanza un valor de 0.1583 m³s.

Ahora bien, para determinar el grado en la que la recta se ajusta a la nube de puntos obtenidos en la gráfica se ha recurrido al análisis del coeficiente de determinación R². En nuestro caso este valor es de 0.5295 lo que significa intuitivamente que si conocemos el volumen de tronca podemos deducir en un 52.95% nuestro pronóstico de obtener un cierto valor de volumen de madera aserrada.

Sin embargo para que mejore este porcentaje dependerá de otros factores de la tronca como por ejemplo:

- Estado sanitario
- Dimensiones en lago diámetro de la troza
- Forma de la troza

4.11. Análisis económico del rendimiento de madera

Para el análisis económico del rendimiento de madera se han identificado los costos parciales en las cuales se han incurrido para llevar a cabo el presente estudio posteriormente los costos de venta.

*Tabla 8:
Estimación de los costos parciales para la
realización del estudio de rendimiento*

Variables	Costo estimado (Bs)
Volumen tronca	110,26
Cantidad mano de obra	16
Costo mano de obra	3491,66
Costo tronca	7718,2
Costo combustible	1700
Costo materiales varios	510
Depreciación Maquinas	1100
Total	14646,12

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2019

En total se han procesado un total de 110.26 m³r de troncas (30 troncas) el costo de adquisición de las mismas se estima en Bs.70/m³r haciendo un total de Bs. 7718.20. Para el trabajo en si se empleó 16 personas entre palanquero, afilador, operador de pala, desorillador, despuntador, recuperador, playeros y ayudantes haciendo una planilla de Bs. 3491.66. En combustible se ocupó un total de 200 litros para la pala cargadora y 250 litros para el grupo generador de luz haciendo un total de 450 litros aproximadamente a un costo estimado de Bs. 1700. En cuanto a materiales como ser tizas, marcadores, pinturas spray, planillas, flexómetros etc. Se ha invertido

aproximadamente Bs. 510 y finalmente se ha estimado que la depreciación de las maquinas alcanza a Bs. 1100. La sumatoria de todos estos ítems resulta en un costo total de Bs. 14646.12.

Teniendo en cuenta que en total se han producido 24700.15 pt se deduce que el costo por pt es de 0.59 Bs/pt

La especie palo maría representa para la empresa COMINMA una opción de venta entre las diversas especies con la cual trabaja la misma. Actualmente los precios de esta especie oscila entre los 3 a 4 Bs/pt en espesores de 2 pulgadas, y en largos mayores a 7 pies, destinados principalmente para abastecer a diferentes barracas de la ciudad de La Paz.

Por lo general la empresa opta por almacenar todo aquel producto menor a 7 pies de largo a la espera que pueda abrirse algún mercado interesante. Sin embargo este producto va perdiendo valor puesto que debido a las condiciones climáticas se deteriora.

*Tabla 9:
Estimación de los costos de venta de la producción del estudio de rendimiento.*

CODIGO	Larga (pt)	Corta (pt)	Total (pt)	Precio de venta (Larga)	Subtotal Larga (Bs.)	Precio de venta (Corta)	Subtotal Corta (Bs.)
ER-01	360,00	18,50	378,50	4	1440	1,50	27,75
ER-02	1026,50	53,83	1080,33	4	4106	1,50	80,75
ER-03	313,50	14,00	327,50	4	1254	1,50	21,00
ER-04	362,50	16,00	378,50	4	1450	1,50	24,00
ER-05	557,00	20,00	577,00	4	2228	1,50	30,00
ER-06	476,67	58,33	535,00	4	1907	1,50	87,50
ER-07	1098,50	124,42	1222,92	4	4394	1,50	186,63
ER-08	1144,33	96,83	1241,17	4	4577	1,50	145,25
ER-09	289,33	5,00	294,33	4	1157	1,50	7,50
ER-10	619,50	2,00	621,50	4	2478	1,50	3,00
ER-11	1139,17	52,00	1191,17	4	4557	1,50	78,00
ER-12	1301,23	46,33	1347,56	4	5205	1,50	69,50
ER-13	911,33	45,67	957,00	4	3645	1,50	68,50
ER-14	215,33	23,33	238,67	4	861	1,50	35,00
ER-15	707,83	40,50	748,33	4	2831	1,50	60,75
ER-16	502,67	54,83	557,50	4	2011	1,50	82,25

ER-17	1134,83	97,67	1232,50	4	4539	1,50	146,50
ER-18	1409,33	31,17	1440,50	4	5637	1,50	46,75
ER-19	841,25	92,17	933,42	4	3365	1,50	138,25
ER-20	310,50	24,50	335,00	4	1242	1,50	36,75
ER-21	1377,50	43,67	1421,17	4	5510	1,50	65,50
ER-22	1121,00	1,50	1122,50	4	4484	1,50	2,25
ER-23	761,88	60,58	822,46	4	3048	1,50	90,88
ER-24	835,75	50,67	886,42	4	3343	1,50	76,00
ER-25	939,50	62,17	1001,67	4	3758	1,50	93,25
ER-26	503,50	63,33	566,83	4	2014	1,50	95,00
ER-27	452,71	9,33	462,04	4	1811	1,50	14,00
ER-28	583,33	182,00	765,33	4	2333	1,50	273,00
ER-29	1421,83	171,17	1593,00	4	5687	1,50	256,75
ER-30	398,17	22,17	420,33	4	1593	1,50	33,25
Total					92466		2375,50

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2019

De las muestras obtenidas y tomando precios estimados del mercado actual podemos obtener los siguientes resultados:

A un precio estimado de 4 Bs/pt para madera larga podríamos obtener una recaudación de Bs 92466 de las 30 muestras.

Mientras que a un precio estimado de 1.5 Bs/pt se podría obtener Bs 2375.5 para madera corta.

Como se puede ver quizás con la venta de madera larga es posible recuperar lo invertido en el procesamiento de estas muestras. Mientras que la madera corta al no tener un mercado seguro y constante no implica una buena opción a no ser que ese producto sea posible agregarle mayor valor lo cual implica mejorar la tecnología de la empresa.

5. CONCLUSIONES

Basados en los objetivos planteados en el presente estudio se han podido llegar a las siguientes conclusiones:

- Dada las condiciones actuales del aserradero en cuanto a personal, equipo y maquinaria disponible es posible realizar estudios de rendimientos de la especie palo maría.
- El rendimiento de aserrío promedio en este estudio fue de 53.96% de los cuales 50.63% corresponde a madera larga y 3.33% corresponde a madera corta. Estos rendimientos son muy similares a lo sugerido en la Ley Forestal 1700 la cual plantea 55%.
- De igual manera para efectos de conversión o estimación del cálculo de m³ a pt se obtuvieron 228.7 pt de los cuales 214.66 pt corresponde a madera larga y 14.13 pt corresponde a madera corta. La Ley Forestal e instrumentos conexos a la misma indica que se debe aplicar 233.2 pt como factor de conversión.
- Estadísticamente la media fluctúa sobre los límites de 47.77% y 60.15% con una desviación estándar de 19.98%, un coeficiente de variación de 37.03% a un nivel de confianza del 86.48%
- El nivel de exactitud del estudio de rendimiento de palo maría fue del 52.95 % utilizando una ecuación de regresión lineal igual a $y=0.4853x+0.1583$
- Los costos de producción se estima en 0.59 Bs/pt
- El mercado para esta especie en la empresa COMINMA es interesante para madera larga mas no ocurre lo mismo con la madera corta.

6. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones obtenidas y como parte de las recomendaciones se sugiere lo siguiente:

- Para mejorar aún más el rendimiento de aserrío de la especie palo maría la empresa debe buscar una mejor forma de almacenar sus troncas para minimizar su deterioro
- Explorar el mercado para madera corta de tal forma que se logre comercializar este producto para obtener mayores beneficios económicos para la empresa.
- Mantener en buen estado las sierras de los galpones para maximizar el rendimiento de aserrío de esta especie.
- Realizar o repetir el estudio de rendimiento por lo menos cada 5 años para actualizar el mismo
- Aplicar los valores de rendimiento de aserrío tanto de larga como de corta para controlar los saldos en stock de troncas de esta especie.

7. BIBLIOGRAFIA

- ABT. (2012). *Metodología para la elaboración de rendimientos para la transformación primaria de productos maderables y procedimiento para su aprobación*. Santa Cruz de la Sierra, Santa Cruz, Bolivia.
- ABT. (Mayo de 2017). Avance de la Frontera Forestal. *MARA. Boletín Informativo de la ABT Nro 5(5)*, 6.
- ACOPOF. (2005). *Logros alcanzados en el manejo de concesiones forestales en Peten*. Peten, Guatemala.
- ARREAGA MORALES, J. (2007). *Rendimiento de la transformación de la madera en rollo a madera aserrada de la especie caoba (Swetenia macrophylla) en dos aserraderos del Municipio de Flores, Peten*. Flores, Peten, Guatemala.
- BOLFOR. (2008). *Estudios de rendimientos de aserío de las especies Ochoo, Soto Sirari*. Santa Cruz de la Sierra, Santa Cruz, Bolivia: Proyecto BOLFOR - CADEFOR.
- CATIE. (2005). *Arboles de Centroamerica, Swetenia macrophylla*. San Jose, Costa Rica: Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenanza.
- CHAVEZ, A. (1997). *Estudio de Rendimiento, Tiempos y Movimientos en el Aserrío. Manual Practico*. Santa Cruz de la Sierra, Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal BOLFOR.
- CHAVEZ, A. (1997). *Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío manual práctico*. Santa Cruz de la Sierra, Santa Cruz, Bolivia.
- DELGADO GARCÍA, J. (2004). *El espaciamiento inicial y la calidad de madera aserrada de Pinus caribaea var. Caribaea*. Cuba.
- DENIG, J. (1990). *Control de calidad en aserraderos de Pino del Sur*. Carolina del Norte, Estados Unidos: Cooperative Extension.
- EGAS, A. F. (1998). *Consideraciones para elevar los rendimientos en aserraderos con sierras de banda*. Pinar del Rio, CUBA.
- JUSTINIANO, J. M. (2004). *Guía de especies dendrológica de especies forestales de Bolivia (Vol. II)*. Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal BOLFOR.
- LOPEZ B., E. A. (2004). *Introducción a la estadística general: unidad 1: estadística general*. Guatemala.
- MAGA. (2000). *Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala*. Guatemala.
- MARTINEZ, R. (2007). *Guía para el mejoramiento de aserraje*. Santa Cruz de la Sierra, Santa Cruz, Bolivia.
- MEDINA, G. J. (2018). *Actualización del Plan General de Manejo Forestal de la ATE COMINMA*. Ixiamas, La Paz, Bolivia.
- MOSTACEDO, B. (2003). *Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia*. Santa Cruz de la Sierra, Santa Cruz, Bolivia.

- PAFBOL, F. (2000). *Información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderables de Bolivia*. La Paz, La Paz, Bolivia.
- PINAYA JOHANNESSEN, G. (2008). *Guía para el mapeo de flujos de producción*. Santa Cruz de la Sierra, Santa Cruz, Bolivia.
- TODOROKI, C. (1995). *Log rotation effect on carriage sawing of sweep logs*. Nueva Zelanda.
- TOLEDO, E. (2002). *Proyecto de desarrollo industrial y comercial de maderas latifoliadas poco conocidas sobre base sostenible en Guatemala, fase 1*. Guatemala.
- ZABALA, D. (1991). *Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada*. Chapingo, Mexico.

ANEXO 1: Fotografías del proceso de aserrío



Selección y marcado de las trozas para el estudio de rendimiento



Apilado de las trozas para su procesamiento



Proceso de aserrío de las trozas de palo maría



Obtención de las tablas de 2 pulgadas de espesor



Armado de los paquetes para su numeración y cubicación de las tablas



Cubicación de cada tabla para el cálculo del rendimiento



Numeración y plaqueteado de cada paquete de madera aserrada



Apilado y ordenamiento de los paquetes de madera aserrada según las trozas procesadas de palo maría



Verificación por parte de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra ABT de la veracidad y legalidad de la información registrada

ANEXO 2: Base de datos de las muestras según la autorización

N°Y TIPO DE AUTORIZACION	ESPECIE ABT	N° ARBOL		D (mts)	d (mts)	L (m)	VOL.	Diametro promedio (cm)	Clase diametrica (cm)
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	5814	A	0,79	0,61	8,80	3,39	70,00	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	6402	B	0,61	0,57	7,30	2,00	59,00	<70
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	6402	A	0,69	0,61	8,80	2,92	65,00	<70
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	7271	A	0,95	0,74	10,00	5,61	84,50	80_90
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	7305	B	0,74	0,69	7,20	2,89	71,50	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	7428	C	1,04	1,04	6,90	5,86	104,00	100_110
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	7428	B	1,10	1,04	4,20	3,78	107,00	100_110
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	7457	A	0,67	0,6	9,75	3,09	63,50	<70
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	7538	A	0,84	0,64	3,80	1,63	74,00	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	7538	B	0,64	0,55	6,40	1,78	59,50	<70
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	7579	B	0,88	0,88	7,40	4,50	88,00	80_90
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	7579	A	1,08	0,88	7,30	5,51	98,00	90_100
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	8375	A	1,00	0,87	7,90	5,42	93,50	90_100
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	8375	B	0,87	0,69	9,55	4,56	78,00	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10179	B	0,63	0,61	4,40	1,33	62,00	<70
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10179	A	0,78	0,63	7,30	2,85	70,50	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10254	B	0,84	0,74	7,85	3,85	79,00	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10254	A	1,06	0,84	7,30	5,17	95,00	90_100
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10307	A	0,96	0,83	4,20	2,64	89,50	80_90
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10307	B	0,83	0,76	7,50	3,72	79,50	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10441	A	0,58	0,54	7,00	1,72	56,00	<70
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10456	A	0,56	0,45	11,60	2,32	50,50	<70
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10559	A	0,85	0,62	11,40	4,84	73,50	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10574	A	0,73	0,6	10,70	3,72	66,50	<70
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10641	A	0,82	0,72	6,40	2,98	77,00	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10646	A	1,40	1,2	4,20	5,57	130,00	>=120
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10748	A	0,95	0,8	8,20	4,93	87,50	80_90
RU-ABT-IXA-POAF-400-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10748	B	0,80	0,79	3,70	1,84	79,50	70_80
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10857	B	0,93	0,86	7,40	4,66	89,50	80_90
RU-ABT-IXA-POAF-491-2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	10857	A	1,10	0,93	6,40	5,18	101,50	100_110

ANEXO 3: Base de datos del aserrío según la fecha de corte

Nº ARBOL	SECCION C/TROZA	Fecha de corte	Larga pt	Corta Pt	total pt	Rend (%)	Vol. Tabla larga (m³)	Vol. Tabla corta (m³)	Total Vol (m³)	Rend larga (%)	Rend corta (%)
5814	A	18/08/2016	503,50	63,33	566,83	39,47	1,19	0,15	1,34	35,06	4,41
6402	B	17/08/2016	619,50	2,00	621,50	73,44	1,46	0,00	1,47	73,21	0,24
6402	A	17/08/2016	215,33	23,33	238,67	19,28	0,51	0,06	0,56	17,39	1,88
7271	A	18/08/2016	1139,17	52,00	1191,17	50,10	2,69	0,12	2,81	47,91	2,19
7305	B	18/08/2016	707,83	40,50	748,33	61,05	1,67	0,10	1,76	57,75	3,30
7428	C	17/08/2016	1026,50	53,83	1080,33	43,47	2,42	0,13	2,55	41,30	2,17
7428	B	17/08/2016	1421,83	171,17	1593,00	99,48	3,35	0,40	3,76	88,79	10,69
7457	A	17/08/2016	476,67	58,33	535,00	40,86	1,12	0,14	1,26	36,41	4,46
7538	A	17/08/2016	313,50	14,00	327,50	47,26	0,74	0,03	0,77	45,24	2,02
7538	B	17/08/2016	362,50	16,00	378,50	50,16	0,85	0,04	0,89	48,04	2,12
7579	B	18/08/2016	1377,50	43,67	1421,17	74,47	3,25	0,10	3,35	72,18	2,29
7579	A	18/08/2016	1121,00	1,50	1122,50	48,08	2,64	0,00	2,65	48,01	0,06
8375	A	17/08/2016	1144,33	96,83	1241,17	53,97	2,70	0,23	2,93	49,76	4,21
8375	B	18/08/2016	583,33	182,00	765,33	39,55	1,38	0,43	1,81	30,15	9,41
10179	B	17/08/2016	557,00	20,00	577,00	102,44	1,31	0,05	1,36	98,89	3,55
10179	A	17/08/2016	289,33	5,00	294,33	24,36	0,68	0,01	0,69	23,95	0,41
10254	B	18/08/2016	1301,23	46,33	1347,56	82,60	3,07	0,11	3,18	79,76	2,84
10254	A	18/08/2016	911,33	45,67	957,00	43,62	2,15	0,11	2,26	41,54	2,08
10307	A	18/08/2016	841,25	92,17	933,42	83,32	1,98	0,22	2,20	75,09	8,23
10307	B	18/08/2016	835,75	50,67	886,42	56,15	1,97	0,12	2,09	52,94	3,21
10441	A	17/08/2016	360,00	18,50	378,50	51,78	0,85	0,04	0,89	49,25	2,53
10456	A	18/08/2016	452,71	9,33	462,04	46,90	1,07	0,02	1,09	45,95	0,95
10559	A	18/08/2016	761,88	60,58	822,46	40,10	1,80	0,14	1,94	37,15	2,95
10574	A	18/08/2016	310,50	24,50	335,00	21,26	0,73	0,06	0,79	19,71	1,55
10641	A	18/08/2016	502,67	54,83	557,50	44,12	1,19	0,13	1,31	39,78	4,34
10646	A	18/08/2016	1409,33	31,17	1440,50	60,94	3,32	0,07	3,40	59,62	1,32
10748	A	17/08/2016	1098,50	124,42	1222,92	58,49	2,59	0,29	2,88	52,54	5,95
10748	B	17/08/2016	398,17	22,17	420,33	53,98	0,94	0,05	0,99	51,13	2,85
10857	B	18/08/2016	1134,83	97,67	1232,50	62,44	2,68	0,23	2,91	57,49	4,95
10857	A	18/08/2016	939,50	62,17	1001,67	45,62	2,22	0,15	2,36	42,79	2,83

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
299	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	11	7	9																				16	23,33	2	LARGA	10307-A
300	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	13	8	8	9	8	12	14																53	127,83	6	LARGA	10307-A
301	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	3	8																					8	8,00	1	RECORTA	10307-A
302	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	4	3																					3	4,00	1	CORTA	10307-A
303	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	5	6																					6	10,00	1	CORTA	10307-A
304	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	4	6	7	5	4	5	3	3															33	22,00	7	CORTA	10307-A
305	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	5	4	7																				11	3,17	2	CORTA	10307-A
306	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	6	6	4	10	5	4	10																33	33,00	6	CORTA	10307-A
307	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	112	13	14																					14	22,75	1	LARGA	10307-A
308	10307	A	1757	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	1	10	8																					8	6,67	1	LARGA	10307-A
309	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	3	6																					6	18,00	1	LARGA	10574-A
310	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	10	13	7	11																			31	103,33	3	LARGA	10574-A
311	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	11	11																					11	40,33	1	LARGA	10574-A
312	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	7	5																					5	5,83	1	LARGA	10574-A
313	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	8	10	10	7	2	3																	32	42,67	5	LARGA	10574-A
314	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	3	6																					6	9,00	1	LARGA	10574-A
315	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	10	7	10	10	5	7	7																46	76,67	6	LARGA	10574-A
316	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	11	8																					8	14,67	1	LARGA	10574-A
317	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	3	3	4	13																			20	10,00	3	RECORTA	10574-A
318	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	4	5																					5	3,33	1	CORTA	10574-A
319	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	5	5																					5	4,17	1	CORTA	10574-A
320	10574	A	1544	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	6	7																					7	7,00	1	CORTA	10574-A
321	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	3	11	10	11																			32	96,00	3	LARGA	5814-A
322	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	10	11	14	9	17	12																	63	210,00	5	LARGA	5814-A
323	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	7	9	9																				18	21,00	2	LARGA	5814-A
324	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	8	6	3	9	10	4																	38	50,67	5	LARGA	5814-A
325	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	3	5	5																				10	15,00	2	LARGA	5814-A
326	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	10	11	10	11	12	13	5																62	103,33	6	LARGA	5814-A
327	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	4	4	4																				8	10,67	2	CORTA	5814-A

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	
328	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	3	9	5																				14	7,00	2	RECORTA	5814-A	
329	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	4	4	5	4	5																		23	15,33	5	CORTA	5814-A	
330	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	5	10	4	4	4																		22	18,33	4	CORTA	5814-A	
331	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	6	4	8																				12	12,00	2	CORTA	5814-A	
332	5814	A	2383	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	1 1/2	10	6																					6	7,50	1	LARGA	5814-A	
333	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	9	13																					13	33,00	1	LARGA	8375-B	
334	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	12	16	14	10	7																		47	188,00	4	LARGA	8375-B	
335	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	7	13	7	13																			33	38,50	3	LARGA	8375-B	
336	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	8	10	11	7	7	11	11	11	10															78	104,00	8	LARGA	8375-B
337	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	9	10	13	9	6	9	10	11																68	102,00	7	LARGA	8375-B
338	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	11	12	13																					25	45,83	2	LARGA	8375-B
339	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	12	7	13	13																				33	66,00	3	LARGA	8375-B
340	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	6	4																						4	8,00	1	CORTA	8375-B
341	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	2	18	18	9																				45	15,00	3	RECORTA	8375-B
342	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	3	4	7	6	9	18	10	8	4	18	18	18	6	6	5	6	5	4						152	76,00	17	RECORTA	8375-B
343	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	4	7	9	7	5	4	6																	38	25,33	6	CORTA	8375-B
344	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	5	5	5	6	6	7	3																	32	26,67	6	CORTA	8375-B
345	8375	B	20	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	6	7	10	7	7																			31	31,00	4	CORTA	8375-B
346	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	4	13	10	12																					22	95,33	2	LARGA	10456-A
347	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	7	9	9																					18	21,00	2	LARGA	10456-A
348	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	8	9																						9	12,00	1	LARGA	10456-A
349	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	9	8																						8	12,00	1	LARGA	10456-A
350	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	10	5																						5	8,33	1	LARGA	10456-A
351	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	11	9	8	6																				23	42,17	3	LARGA	10456-A
352	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	12	6																						6	12,00	1	LARGA	10456-A
353	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	13	7	9	9	7	7	6	9	6	7	8	12	9	9										111	240,50	14	LARGA	10456-A
354	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	2	4	9	5																					14	9,33	2	CORTA	10456-A
355	10456	A	1262	18/08/2016	PALO MARIA (Calophyllum brasiliense Cambess.)	1 1/4	10	9																						9	9,38	1	LARGA	10456-A
356																														24700,15				

