

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
AREA: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
CARRERA: INGENIERIA AGROFORESTAL



**RENDIMIENTO DE ASERRÍO DE LAS ESPECIES
ALMENDRILLO NEGRO (*Dipteryx odorata*) Y TAJIBO
(*Tabebuia serratifolia*) EN LA EMPRESA FORESTAL
MANURINI ECO IMPORT-EXPORT.**

Tesis de grado para optar al grado de Ingeniero Agroforestal

Presentado por: Univ. Fernando Ramallo García

Asesores: Ing. Tatiana Mónica Cardozo Rojas

COBIJA – PANDO – BOLIVIA
2023

HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por:

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMAS
Presidente	Lic. Nancy Acuña Álvarez	_____
Tribunal 1	Ing. Fabián Soliz	_____
Tribunal 2	Ing. Fader Cabrera Arandia	_____
Tribunal 3	Ing. Maximiliano López	_____
Asesor	Tatiana M. Cardozo Rojas	_____

Cobija, ____ de _____ de 2023

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi Madre: Olivia Ramallo García, a mi esposa Pilar Rojas y a mis hijas Alisson y Fernanda.

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mis sinceros agradecimientos a:

- Dios por sobre todas las cosas.
- Mi esposa Pílas Rojas por el apoyo durante la realización de la presente investigación.
- Alexandre Lourenco Stanger, gerente propietario de la empresa forestal Manurini Eco Import-Export por haberme facilitado el medio para realizar la presente investigación.
- Mi asesora, Ing. Tatiana Cardozo Rojas por sus acertadas orientaciones en el desarrollo de la presente investigación.
- Los miembros del tribunal: Ing. Fabián Soliz Carrasco, Ing. Fader Cabrera Arandia y Ing. Maximiliano López por sus valiosas sugerencias en la revisión del trabajo.
- Los docentes de la carrera de Ingeniería Agroforestal, por haber impartido sus conocimientos con paciencia durante el proceso de enseñanza.
- Mis compañeros de la universidad: por las muchas experiencias vividas durante los años que hemos compartido juntos.

ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE	iv
LISTA DE TABLAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Hipótesis	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Normas de aprovechamiento forestal	5
2.2. Los bosques de Bolivia	7
2.3. Descripción de las especies en estudio	11
2.4. La cadena de custodia del producto forestal.	14
2.5. Los aserraderos.	15
2.6. Aprovechamiento y producción de la Madera	17
2.7. Pasos a seguir para un estudio de rendimiento	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación	27
3.2. Materiales empleados	27
3.3. Detalle del trabajo realizado	28
3.4. Flujo de producción	29
3.5. Diseño Experimental	27
3.6. Modelo estadístico	28

3.5. Calculo de los parámetros	33
4. RESULTADOS	35
4.1. Características de la madera en trozas	35
4.2. Volúmenes de madera en troza y en tablas	37
4.3. Factor de rendimiento	39
5. DISCUSIÓN	42
5.1. Características de madera en troza	42
5.2. Rendimientos de aserríos y coeficientes de conversión	44
6. CONCLUSIONES	46
7. RECOMENDACIONES	47
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE TABLAS

N°	Título	Pág.
1.	Distribución de frecuencias diámetro medio de la madera en troza	35
2.	Distribución de frecuencias largo de la madera en troza	36
3.	Distribución de frecuencias del volumen de la madera en troza	37
4.	Distribución de frecuencias del volumen de la madera en tabla	38
5.	Factor de rendimiento de la madera	39

RESUMEN

La presente investigación titulada “Rendimiento de aserrío de las especies Almendrillo Negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*) en la empresa forestal Manurini Eco Import-Export”, tuvo como objetivos específicos: a) Caracterizar las trozas de madera recepcionadas de las especies objeto de estudio, b) Evaluar la calidad del aserío de las trozas en la producción de madera y c) Comparar el rendimiento de aserrío de las trozas de las dos especies forestales en estudio. La presente investigación se realizó en la Empresa Manurini Eco Import - Export, Ubicado en el Km 1 carretera Porvenir - Cachuelita, ubicado en el municipio Porvenir, provincia Nicolás Suárez del departamento Pando. La metodología empleada consistió en seleccionar 36 trozas por especie con la finalidad de determinar las clases diamétricas más representativas, es decir se realizó un muestreo para desechar todas aquellas trozas que están fuera de los diámetros de mayor aprovechamiento; luego en cada troza se midió el diámetro mayor, diámetro menor y largo, en base a los cuales se determinó el volumen en troza, luego después de aserrada la troza se determinó el volumen de tablas sumando los volúmenes de todas las tablas obtenidas de la troza. Mediante la división del volumen en troza entre el volumen en tablas, se calculó el factor de rendimiento. Los resultados indican que: la especie Almendrillo negro presentó las siguientes características en promedio: diámetro medio de 61,3 cm, largo 7,6 m, volumen de troza 2,775 m³, volumen en tablas 1,409 m³ y un factor de rendimiento de 51,1%; mientras que la especie Tajibo presentó las siguientes características en promedio: diámetro medio de 64,6 cm, largo 7,8 m, volumen de troza 2,977 m³, volumen en tablas 1,318 m³ y un factor de rendimiento de 44,3%.

Palabras claves: Rendimiento aserrío *Dipteryx odorata* y *Tabebuia serratifolia*

ABSTRACT

The present investigation entitled "Sawing yield of the Almendrillo Negro (*Dipteryx odorata*) and Tajibo (*Tabebuia serratifolia*) species in the Manurimi Eco Import-Export forestry company", had as specific objectives: a) Characterize the logs of wood received from the species object of study, b) Evaluate the quality of the sawing of the logs in the production of wood and c) Compare the yield of sawing of the logs of the two forest species under study. This research was carried out at the Manurimi Eco IMP-EXP Sawmill. Located at Km 1 of the Porvenir - Cachuelita highway, located in the Porvenir municipality, Nicolás Suárez province, Pando department. The methodology used consisted of selecting 36 logs per species in order to determine the most representative diameter classes, that is, a sampling was carried out to discard all those logs that are outside the diameters of greatest use; then in each log the largest diameter, minor diameter and length were measured, based on which the volume in log was determined, then after sawing the log the volume of boards was determined by adding the volumes of all the boards obtained from the log. By dividing the volume in logs by the volume in tables, the yield factor was calculated. The results indicate that: the Almendrillo negro species presented the following characteristics on average: average diameter of 61.3 cm, length 7.6 m, log volume 2,775 m³, volume in tables 1,409 m³ and a yield factor of 51.1 %; while the Tajibo species presented the following characteristics on average: average diameter of 64.6 cm, length 7.8 m, log volume 2,977 m³, volume in tables 1,318 m³ and a yield factor of 44.3%.

Keywords: *Dipteryx odorata* and *Tabebuia serratifolia* sawmill yield

1. INTRODUCCIÓN

La Amazonía es una vasta región de la parte central y septentrional de América del Sur que comprende la selva tropical de la Cuenca del Amazonas. Esta selva amazónica es el bosque tropical más extenso del mundo, se considera que su extensión llega a los 6 millones de kilómetros cuadrados repartidos entre nueve países. (Gonzales, 2019)

El 20% de las especies mundiales de plantas se hallan en el bosque amazónico, del cual el territorio boliviano representa el 0.2%. Sus bosques alcanzan alrededor del 3.5% de los bosques del mundo, sin embargo, se encuentra entre el 45 y 55% de toda la biodiversidad biológica mundial (Gonzales, 2019).

Bolivia tiene una superficie de 109,58 millones de hectáreas. El 48% ésta es cubierto de bosque (53,1 millones de ha), distribuido en las tierras bajas. De ésta superficie, solo 41,2 millones de ha están destinadas a aprovechamiento forestal sostenible. Los restantes 22% ha están destinados al aprovechamiento forestal y permanecen en su forma natural. De los 41,2 millones de ha. Solo 28,2 millones son áreas de producción forestal sin restricciones, 2,4 millones de ha. Son áreas de producción forestal con restricción y 10,6 millones de ha son áreas forestales bajo protección provisional (Chávez, 2005)

La puesta en marcha del nuevo régimen forestal en el país, ha originado un sustancial y un constante incremento en el número de especies alternativas aprovechadas, de las que en la mayoría de los casos se desconocen sus características, propiedades y comportamiento ante los múltiples usos que presta este recurso forestal. El aprovechamiento de estas especies se ha venido realizando bajo un régimen con políticas pocas eficaces en gestión y manejo de los recursos que estén orientados a la sostenibilidad del recurso en el tiempo, tal es el caso de la adopción arbitraria de diámetros mínimos de corta referencial para la mayoría de las especies que no se adecuan a las características anatómicas y fisiológicas de estas ni a la realidad que presenta esta región; así mismo la carencia de normas específicas para el aprovechamiento de especies de alta densidad.

1.1. Justificación

Actualmente la industria forestal se encuentra atravesando diversas etapas de crisis por el movimiento económico que estas generan y la caída en los precios de la madera en el mercado nacional. Cabe mencionar que la materia prima proviene en su mayoría de concesiones forestales otorgadas por el estado, de comunidades, ASL's (Asociaciones sociales del lugar) y en menor cantidad de propiedades privadas.

El tipo de industria forestal es primario, es decir que solo sufre un proceso de transformación en lo que respecta a la materia prima que son las trozas, fustes o troncos de los árboles, principalmente en tablas, tablones y vigas, para su posterior procesamiento en otros departamentos o el exterior del país.

Es conveniente realizar una comparación de los volúmenes de las especies aprovechables en base a los datos del censo forestal, tumbado y las trozas saneadas. Y así también se podrá realizar una buena comercialización de la madera en rola, es necesario primeramente determinar cuál es el volumen real de las diferentes especies comerciales tanto en el pie del árbol, apeado y así también puesto en rodeo.

A través de este estudio comparativo de los volúmenes en el bosque natural, se podrá determinar la veracidad de la información del instrumento en cuanto al volumen aprobado y aprovechado, el cual el dueño de la propiedad, podrá determinar los beneficios económicos de su venta de madera de acuerdo a la ficha técnica del censo realizado.

En la actualidad, con el cuidado del medio ambiente y la madre tierra, instituciones nacionales e internacionales hacen notar su preocupación por los crecientes problemas derivados de la mala utilización de los recursos naturales y la poca información existente. Los recursos que principalmente son afectados son la flora por el aprovechamiento forestal y el agua esto en relación a las diferentes intensidades de uso y de acuerdo a los manejos forestales existentes.

Una de las modalidades de control fue la reducción del rendimiento de aserrío del 55% que es el porcentaje con la que se inició todas las actividades forestales, cumpliendo lo establecido tanto en las normas técnicas, directrices, etc., de la ABT, (Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra) quienes establecieron un 40% de rendimiento para todas las especies en general, hasta no contar con un “estudio de rendimiento por especie”, la misma debe ser elaborada independientemente por cada aserradero y en base a esos resultados obtenidos, la ABT procede a autorizar el transporte o la comercialización directa del producto maderable, obtenido a partir de la materia prima en tronca debidamente autorizado para su transformación.

1.2. Planteamiento del problema

Para que la industria del aserrío sea competitiva se requiere del análisis continuo de sus procesos, las diferencias en los espesores de la madera aserrada son las que influyen significativamente tanto en el rendimiento como en la calidad dimensional. Grandes diferencias en el grosor de las tablas provocan una menor rentabilidad volumétrica por que las variaciones elevadas requieren mayores refuerzos en las piezas aserradas.

Esta situación es más crítica en el espesor de la madera y constituye una de las razones que dificultan la comercialización y, en consecuencia, la competitividad de la industria. Lo ideal para un aserradero es generar productos con lados paralelos en espesor y ancho, sin embargo, durante el proceso de aserrío ocurren anomalías que causan desviaciones conocidas como defectos de forma, que a menudo son exhibidos en el espesor de la madera y con frecuencia no son tomados en cuenta en la clasificación.

La situación problemática actual, es que por disposición de la ABT, el porcentaje de rendimiento estipulado de 1m³ de madera en rola es equivalente a 169.6 pies tablares, esto si en el futuro no se realiza un estudio que demuestre lo contrario, los aserraderos saldrán afectados a la hora de realizar sus ventas locales, nacionales e internacionales de madera aserrada, ya que el saldo se

agotaría considerablemente y así mismo se tendría problemas con la misma ABT a la hora de las fiscalizaciones anuales.

En consecuencia, la presente investigación se plantea el siguiente problema: ¿Cuál es el rendimiento de aserrío del Almendrillo Negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*) en el aserradero de la Empresa Forestal Manurini Eco Import-Export?

1.3. Objetivos

Objetivo General

Determinar el rendimiento de aserío del Almendrillo Negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*) en la Empresa Forestal Manurini Eco Import-Export”.

Objetivos específicos:

- Caracterizar las trozas de madera recepcionadas de las especies objeto de estudio.
- Evaluar la calidad del aserío de las trozas en la producción de madera.
- Comparar el rendimiento de aserrío de las trozas de las dos especies forestales en estudio.

1.4. Hipótesis

Hipótesis alterna: El rendimiento de producción de madera de Almendrillo Negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*), son estadísticamente diferentes.

Hipótesis nula: El rendimiento de producción de madera de Almendrillo Negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*), son estadísticamente iguales.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Normas de aprovechamiento forestal

Con la Ley Forestal 1700, aprobada el 12 de julio de 1996, Bolivia dio un salto hacia el manejo forestal luego de su promulgación y su posterior implementación a partir de 1997 con el funcionamiento de la entonces Superintendencia Forestal. Antes de la promulgación de esta ley, el aprovechamiento forestal era de exclusividad de las empresas madereras, llegando este sector a detentar 22 millones de hectáreas bajo contratos de aprovechamiento forestal. Luego de promulgada la Ley 1700, se dieron cambios importantes y definitivos en el sector, entre ellos la democratización del acceso a los bosques por los distintos usuarios, dando como resultado los siguientes derechos forestales:

- Concesiones forestales a empresas madereras
- Concesiones forestales a Agrupaciones Sociales del Lugar (ASL)
- Concesiones forestales para investigación
- Autorizaciones de aprovechamiento de bosques en Tierras Comunitarias de Origen (TCO) o colectivas
- Autorizaciones de aprovechamiento de bosques en tierras de propiedad privada
- Contratos de aprovechamiento forestal en tierras fiscales

Este nuevo régimen forestal tuvo a su favor la promulgación inmediata de su Reglamentación el siguiente año y un conjunto de Normas Técnicas para el manejo forestal que facilitaron la adopción de planes de manejo forestal, incluyendo las siguientes:

- Norma Técnica sobre Planes de Ordenamiento Predial (RM 130/97)

- Reglamentación Especial sobre Desmontes y Quemas Controladas (RM 131/97)
- Normas Técnicas para la Elaboración de Instrumentos de Manejo Forestal (censos comerciales, planes de manejo, planes operativos y mapas) en Propiedades Privadas con Superficies Iguales o Menores a 200 ha en Zonas Tropicales y Subtropicales (RM 132/97)
- Directrices sobre Concesiones a Agrupaciones Sociales del Lugar (RM 133/97)
- Normas Técnicas sobre Programa de Abastecimiento y Procesamiento de Materia Prima (RM 134/97)
- Normas Técnicas para la Elaboración de Instrumentos de Manejo Forestal (inventarios, planes de manejo, planes operativos y mapas) en Bosques Andinos y Chaqueños (RM 135/97)
- Normas Técnicas para la Elaboración de Instrumentos de Manejo Forestal Comercial (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en Tierras Comunitarias de Origen (RM 136/97)
- Normas Técnicas para la Elaboración de Instrumentos de Manejo Forestal (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en propiedades privadas o concesiones con superficies mayores a 200 ha (RM 167/97 y RM 248/98)
- Norma Técnica para la elaboración de plan de manejo de castaña (RM 077/2005)
- Norma Técnica para el aprovechamiento comercial sostenible de recursos forestales no maderables en bosques y tierras forestales naturales (RM 22/2006) (BOLFOR P, 1996)

2.2. Los bosques de Bolivia

Bolivia, por su variabilidad climática, latitudinal y altitudinal, está considerada como uno de los países con más diversidad de plantas en Latinoamérica. En Bolivia, confluyen distintos tipos de bosque, desde los más secos (bosque chaqueño) hasta los más húmedos (bosque amazónico), los cuales tienen un gran potencial forestal (Mostacedo y Justiniano, 2010).

El potencial forestal maderable y no maderable se ha incrementado por el aumento en el uso y la demanda de las especies del bosque. Los indígenas y pobladores rurales conocen el valor que tienen las plantas de los bosques del país para la medicina natural, alimentación, construcción de casas, etc. Asimismo, el uso industrial de las especies, especialmente las maderables, se ha incrementado bastante en los últimos años. Los cambios en la legislación forestal, con el objeto de manejar el bosque, han sido favorables para el incremento del uso de especies en el ámbito comercial internacional (Mostacedo y Justiniano, 2010).

Cabe señalar, sin embargo, que los inventarios y censos realizados para los planes de manejo y planes operativos de aprovechamiento forestal muestran fallas en la identificación de especies. Los problemas comunes que causan estas fallas generalmente son la falta de conocimiento claro de los técnicos y/o materos y la falta de información dendrológica y ecológica disponible de las especies en los bosques de Bolivia. La mala identificación de las plantas puede conllevar a datos erróneos en la definición de los bosques de producción y, también, en la estimación de la abundancia y volumen de determinadas especies en un tipo de bosque. Además, al promocionar en el mercado internacional especies conocidas en otros países, se puede tener problemas en la concordancia del nombre de las especies promocionadas y las características físico mecánicas de la madera (Mostacedo y Justiniano, 2010).

2.2.1. Especies con Potencial Forestal en los Bosques de Bolivia

Hasta hace algunos años sólo algunas especies de árboles maderables y no maderables se aprovechaban en los bosques de Bolivia. Las especies más importantes, por su valor comercial, en los bosques húmedos tropicales fueron la mara (*Swietenia macrophylla*), el cedro colorado (*Cedrela odorata*), el roble (*Amburana cearensis*), el almendro (*Bertholletia excelsa*) y el asaí (*Euterpe precatoria*).

En los bosques secos, las especies más importantes fueron el cedro (*Cedrela fissilis*), el roble, el cuchi (*Astronium urundeuva*) y el guayacán (*Bulnesia sarmientoi*), aunque muchas de estas especies eran utilizadas en volúmenes pequeños. También, el nogal (*Juglans* spp.) y el cedro de montaña (*Cedrela lilloi*) fueron especies importantes en los bosques nublados. Hoy en día, la variedad de especies aprovechables y potenciales se ha incrementado considerablemente y muchas especies abundantes de los diversos bosques son comercializadas.

Sin duda alguna, por la gran riqueza de árboles y el volumen de éstos, los bosques amazónicos cuentan con mayor potencial, aunque en la actualidad son pocas las especies de alto valor comercial que se encuentran en estos bosques. De las especies maderables dos especies de cedro y el roble son consideradas las más importantes. El marfil (*Aspidosperma macrocarpon*), el amarillo (*Aspidosperma ramiflorum*), los almendrillos (*Dipteryx micrantha* y *Apuleia leiocarpa*), la mara macho (*Cedrelinga catenaeformis*) y el enchoque (*Cariniana micrantha*) son especies poco conocidas que han ingresado recientemente al mercado nacional e internacional. Asimismo, existen otras especies como el miso colorado (*Couratari macrosperma*), el bitumbo (*Couratari guianensis*) y el paquiocillo (*Hymenaea parvifolia*) que son abundantes y presentan grandes volúmenes, y tienen buenas posibilidades de ser aprovechadas.

Las especies no maderables son muchas en este tipo de bosque y tienen diferentes fines de extracción. Las especies más importantes son el

almendro (*Bertholletia excelsa*), el majo (*Oenocarpus bataua*), el asaí (*Euterpe precatoria*) y la palma real (*Mauritia flexuosa*), las cuales son comestibles. También, existen especies de uso medicinal como sangre de drago (*Croton draconoides*) y sangre de toro (*Virola peruviana* y *Otoba parvifolia*). En su época, la siringa (*Hevea brasiliensis*) tuvo importancia en la industria gomera.

Por su parte, el bosque húmedo de llanura y el bosque húmedo del escudo precámbrico (Beck et al. 1993) son dos áreas interesantes desde el punto de vista forestal, por la variedad de sus especies maderables potenciales.

Anteriormente, la especie más valiosa en estas regiones fue la mara, la cual ha disminuido drásticamente en los últimos años. En la actualidad, el ochoó (*Hura crepitans*), los yesqueros (*Cariniana* spp.), el cambará (*Erisma uncinatum*) y el tajibo amarillo (*Tabebuia impetiginosa*) son probablemente las especies más importantes en términos de volumen y abundancia (Superintendencia Forestal 1999). Sin embargo, existe una amplitud de especies que tienen potencialidad. Respecto a las especies no maderables, es poco conocido el potencial que tienen estos bosques, pero el asaí es una de las especies aprovechadas para la extracción de palmito.

Los bosques secos de las tierras bajas (bosque semideciduochiquitano, bosque seco chaqueño) y el bosque serrano chaqueño tienen una diversidad de especies de madera dura que son comercializadas en el ámbito nacional y otras que son exportadas (Killeen et al. 1998). Estos bosques, inicialmente intervenidos por el aprovechamiento del roble, el cedro y el cuchí, en la actualidad cuentan con más de 15 especies de valor comercial, entre las que se destacan las mencionadas anteriormente, además de tajibo morado (*Tabebuia impetiginosa*), morado (*Machaerium scleroxylon*), tarara amarilla (*Centrolobium microchaete*), jichituriqui amarillo (*Aspidosperma tomentosum*), sirari de lomerío (*Copaifera chodatiana*), curupaú (*Anadenanthera colubrina*), momoqui (*Caesalpinia pluviosa*), ajunao (*Pterogyne nitens*), soto (*Schinopsis brasiliensis*) y palo blanco

(*Calycophyllum multiflorum*). El curupaú y el momoqui son las especies más abundantes y con mayor área basal del bosque semideciduochiquitano (Pinard et al. 1999, Superintendencia Forestal 1999). El morado es una de las especies poco conocidas y de alto valor comercial de dichos bosques, aunque su densidad es baja.

2.2.2. Superficie Forestal en Bolivia

La superficie de bosques en Bolivia alcanza alrededor de 50 millones de hectáreas, considerando tierras bajas y altas, y cubre más de la mitad del territorio. Bolivia tiene una cobertura boscosa que ocupa aproximadamente el 55% de su superficie, bosques que en su mayoría son utilizados para extraer madera, las cuales son usadas en construcciones civiles, mueblería y papelería, además presenta áreas de alta prioridad para la conservación, áreas protegidas o áreas con actividades de uso sostenible (Ibisch 2000). También se dice que Bolivia tiene una cobertura boscosa que ocupa el 45.5% a 54.6% del territorio nacional. (MMAyA 2009)

Por su extensión y valores de biodiversidad, los bosques naturales de Bolivia ocupan el octavo lugar en el mundo, y Bolivia es considerado uno de los países de América Latina con mayor diversidad biológica (Instituto de Recursos Mundiales, 2004). Según el estudio extenso realizado por Montes de Oca (2005).

Bolivia se encuentra entre los 10 países con mayor pérdida neta anual de área boscosa (FAO 2010), con una pérdida total de Bosque de 1.8 millones de hectáreas, una pérdida anual de 195000 hectáreas por año y una tasa de deforestación de -0.67% entre las gestiones de 2000 a 2010 (FAN 2010) (mapa 1). En otros estudios se dice que el promedio de deforestación o pérdida anual en Bolivia es de 300000 a 350000 hectáreas por año (Urioste 2010 & MMAyA 2009).

2.2.3. Cobertura Forestal y Áreas Bajo Manejo en Bolivia

La superficie boscosa abarca una extensión de 53 millones de ha, es decir, casi un 50% del territorio nacional está cubierto por algún tipo de bosque, desde los bosques de queñuas en la región andina hasta los tropicales lluviosos en la Amazonía. El 63% de estos bosques (33.5 millones de ha) tienen vocación exclusivamente forestal. (Malky, 2005).

El total de superficie boscosa boliviana, representa aproximadamente un 1,28% de la cobertura forestal mundial y, casi el 10% de los bosques tropicales de América del Sur, ocupando el país el sexto lugar por superficie de bosques tropicales a nivel mundial y, el tercer lugar en el Continente Americano después de Brasil y México. (Malky, 2005).

Como puede apreciarse en el Mapa Forestal de Bolivia, la mayoría de la cobertura boscosa boliviana, se encuentra en las denominadas tierras bajas que incluye los llanos orientales y las zonas sub-tropicales de los Valles y Yungas (el 81% de la superficie forestal está localizada en los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando). Los bosques bolivianos se encuentran distribuidos en siete grandes regiones de producción forestal: Bajo Paraguá, Chiquitanía, Choré, Guarayos, Piedemonte Amazónico, Bosques Amazónicos de Pando y Bosque Tucumano-Boliviano(Malky, 2005).

2.3. Descripción de las especies en estudio

2.3.1. Almendrillo negro

a) Clasificación taxonómica.

- Nombre científico: *Dipteryx odorata* (Aublet) Willd.
- Familia: FABACEAE (LEGUMINOSAE)
- Sinónimo: *Coumarouna odorata* Aublet
- Nombres comunes: Almendrillo de bajura, almendrillo, almendrillo negro, cumarú.

b) Características dendrológicas

Árbol de 45 m de alto y 150 cm de d.a.p. Fuste cilíndrico, a letones tablares más altos que anchos. Copa irregular con ramas ascendentes y follaje denso verde intenso. Corteza externa marrón claro hasta grisácea; con placas dendriformes que se desprenden dejando cicatrices oscuras.

Corteza interna amarillenta con fibras o vetas rojizas, que se oxidan castaño oscuro; olor a maní crudo. Hojas alternas, compuestas, e imparipinnadas, 3 a 5 pares de foliolos; raquis alado. Flores rosadas, dispuestas en panículas terminales. Fruto una legumbre drupácea, ovoide, carnosa; semilla leñosa, (Mostacedo, Justiniano, Toledo, & Todd, 2003)

c) Plántulas

Hojas imparipinnadas, con el raquis alado, que se prolonga más allá de último foliolo. Parecidas a las hojas de pacay (*Inga* sp.), pero éstas no poseen glándulas y tienen foliolos alternos, (Mostacedo, Justiniano, Toledo, & Todd, 2003)

d) Distribución

Desde Pando, La Paz, Beni, Santa Cruz y Cochabamba. En bosque húmedo aluvial y bosque higrófilo o ribereño de la Amazonía, entre 160 y 300 m s.n.m, (Mostacedo, Justiniano, Toledo, & Todd, 2003)

e) Ecología

Especie siempre verde, parcialmente tolerante a la sombra, común en bosques húmedos estacionales del centro y norte de la Amazonía. Sobre suelos mal drenados y pesados. Florece de octubre a diciembre y fructifica entre junio y agosto. Produce frutos disponibles para la fauna silvestre, (Mostacedo, Justiniano, Toledo, & Todd, 2003)

f) Trabajabilidad

Moderadamente fácil de procesar mecánicamente.

g) Preservación y Durabilidad Natural:

La madera es impermeable y durable.

h) Usos y Aplicaciones:

Parquet y pisos, laminas y enchapes.

(Mostacedo, Justiniano , Toledo , & Todd, 2003)

2.3.2. Tajibo

a) Clasificación taxonómica

Nombre científico: *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson

Familia: Bignonaceae

Nombres comunes: tahuarí amarillo; tahuarí

b) Distribución y hábitat:

Se encuentra distribuida en Colombia, Bolivia, Brasil, Ecuador, las Guayanas, Surinam y Perú. En el Perú se encuentra en las regiones de Loreto y Ucayali. Se le halla en clima tropical húmedo, con precipitaciones pluviales de hasta 3,300 mm/año y distribuido hasta los 900 msnm. Es una especie de lento crecimiento, ecológicamente conocida como esciófita, característica de los bosques primarios (Angulo & Reyes, 2015).

c) Descripción del árbol en pie

Presenta un fuste ligeramente aplanado y recto; el tipo de raíz es pivotante y ramificada; la copa es heterogénea, poco amplia; la corteza externa es de color gris parduzco, rugosa, áspera, fisurada. La corteza interna es decolor crema amarillento, de sabor ligeramente dulce. Presenta hojas digitada, opuestas, sin estipulas, decusadas. Las flores tienen una corola de color amarillo oro, inflorescencia terminal (Pastor & Limache, 1999).

d) Propiedades y usos de la madera

Propiedades: Madera de muy buena calidad, muy dura y pesada, además es una de las maderas amazónicas más densas; es de color pardo a crema claro en la albura y marrón oscuro en el duramen, con grano recto a entrecruzado y textura media, pero es difícil de aserrar por la presencia de sílice (Reynel et al., 2003).

Usos: La madera puede ser usada para construcciones exteriores pesadas (puntales, vigas, durmientes, etc.), carrocerías, construcción naval (no en agua salada), pisos, implementos agrícolas y artículos deportivos (Silva, 2006).

Se le emplea también para artesanía; es susceptible a buen pulimento. Son apreciadas como ornamentales por sus flores vistosas, de colores vivos. La corteza y los vasos del duramen en la madera contienen compuestos relacionados al Lapachol, una Naptoquinona que tiene actividad antitumoral y es empleada en el tratamiento de algunos tipos de Cáncer (Reynel et al., 2003).

Durabilidad natural: Tiene buena durabilidad. En pruebas de laboratorio, demostró ser altamente resistente al ataque de organismos xilófagos (hongos y termitas), así mismo en observaciones prácticas se considera muy resistente a la pudrición.

Tratabilidad: Demostró ser impermeable a soluciones conservantes bajo tratamiento a presión.

Trabajabilidad: Es moderadamente difícil de trabajar, especialmente con herramientas manuales debido a que pierden rápidamente su filo. El cepillado es regular, fácil de lijar y excelente para clavar y atornillar.

Secado: El secado al aire es de medio a rápido y presenta problemas menores de agrietamiento y deformación. El secado artificial puede agravar la incidencia de defectos (IPT, 2020).

2.4. La cadena de custodia del producto forestal.

Se define como el seguimiento de los productos forestales durante las distintas fases del proceso productivo y su posterior comercialización, para poder asegurar la trazabilidad de los productos forestales desde el bosque hasta el consumo final.

2.4.1. Censo.

Es la toma de datos de la cantidad de árboles y especies aprovechables de un área determinada y su respectiva numeración o codificación.

2.4.2. Tumbado o tala.

Se realiza del tumbado de los árboles de acuerdo a su numeración y especie aprovechable, posteriormente se procede al despuntado y desculatado de la troza.

2.4.3. Arrastre.

El arrastre se lo realiza con los tractores Skidder, los cuales llevan la troza desde el punto de tumba hasta el rodeo (lugar donde se acopian las trozas en el área de aprovechamiento).

2.4.4. Saneo.

Con la ayuda de la pala cargadora, motosierrista y ayudante el saneador da las dimensiones de las trozas, respetando el número asignado en el censo para un mejor control de la cadena de custodia.

2.4.5. Transporte.

Finalmente es transportado en camiones desde el rodeo hasta el patio de acopio de la empresa donde será transformada (aserrada).

2.5. Los aserraderos.

Zabala (1991), expresa que las instalaciones industriales donde se efectúa la elaboración de la madera en rola para obtener madera serrada, reciben el nombre de serrerías o aserraderos.

En los aserraderos, aunque es recomendable que las operaciones de elaboración se complementen con el secado en cámaras de los productos obtenidos, no tiene por qué incluir necesariamente esta última, generalmente los productos finales de aserradero, tablones, tablas, vigas y viguetas se venden con una humedad relativa al ambiente.

Reciben el nombre de aserraderos porque los elementos o maquinas principales que intervienen en este proceso industrial está constituido exclusivamente por sierras. (Morales, 2007)

2.5.1. 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. (BOLFORD, 1997)

2.5.2. 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 costeros, recortes y testas, virutas y aserrín. (BOLFORD, 1997)

2.5.3. 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 m³ de madera aserrada en sección de trabajo. (BOLFORD, 1997)

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.

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. (BOLFOR, 1997)

Egas, (1998) expresa que 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.

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. (Morales, 2007)

2.6. Aprovechamiento y producción de la madera

2.6.1. Aserrío

El aserrío de la madera consiste en la transformación de una troza de forma cilíndrica a un producto con dimensiones específicas de ancho, largo y espesor, con el fin de ser utilizado en un proceso posterior, como lo es la fabricación de muebles, casas, entre otros. (Kuru, 2007)

El aserrío no consiste simplemente en máquinas compuestas de motores y sierras efectuando cortes en la troza. En este proceso se deben considerar una serie de variables que permitirán hacer del producto rentable. Además, hay que considerar que la industria primaria de procesamiento de diámetros menores es diferente a lo que tradicionalmente se conocía en algunas zonas de Costa Rica, por eso deben considerarse una serie de elementos para su buen funcionamiento. (Kuru, 2007)

El aserrío se entiende como la transformación de las trozas en madera aserrada de distintas escuadrías, según los productos que se han seleccionado para los patrones de corte. Para lograr esta transformación es necesario combinar recursos como son las maquinas, los operadores, los sistemas de recolección de información, los programas de planificación, entre otros. (Reyes, 2013)

Fueron los egipcios los primeros que emplearon herramientas manuales (sierras de bronce) para el aserrío de madera. Los romanos mejoraron dicho proceso al emplear sierras de hierro con mayor rigidez y resistencia al desgaste. (Williston, 1976 citado por Serrano, 2000)

El aserrío con fuerza hidráulica fue puesto en operación en Francia el año 1235 y en Alemania en 1332; ambos sistemas eran de tipo sube y baja. En 1952 en Holanda se utilizó el molino de viento para operar dichos equipos. Es también en el siglo XVI se desarrolla la sierra múltiple alternativa de tipo sube y baja. (Fronius, 1989 citado por Serrano, 2000)

En 1877, el aserrado de sierra circular fue ideado en Inglaterra y desde entonces se ha utilizado para el aserrío de trozas pequeñas medianas y grandes. En 1808 en Inglaterra se utiliza por primera vez la sierra de cinta sin fin, la cual sigue siendo de gran popularidad hoy día. (Fronius, 1989 citado por Serrano, 2000)

2.6.2. Características Principales del Aserrío

La producción de madera aserrada es una actividad muy importante de la industria nacional que utiliza un producto natural renovable; los múltiples usos de la madera, hace que la producción de la misma sea elevada y cada vez en mayor proporción por el aumento poblacional en los centros urbanos y su crecimiento habitacional. (Romero, 1991)

Existen una amplia gama de equipos de aserrío convencionales de los cuales los más importantes son de acuerdo al elemento cortante. Sierras circulares, sierra de banda sin fin (cinta) y los de sierras alternativas, teniendo en cada uno de ellos varias subdivisiones. (Serrano, 1990)

En las zonas tropicales las más conocidas según su uso son las de sierras circulares para maderas duras y los de sierras de cintas para maderas finas dependiendo de la capacidad productiva y de la distancia de la materia prima a los centros de procesamientos.

(Romero, 1991 citado por Chávez, 1998) Coinciden con la clasificación de (Serrano, 1990) indicando que el tipo de aserradero más común en uso, es el de sierra de cinta para madera fina y el de sierra circular para maderas duras. La ubicación de las plantas de aserrío, está determinada actualmente por la distancia y acceso al bosque ya que el transporte de las trozas hasta los centros de transformación eleva considerablemente el costo de producción.

Al aumentar la población en los centros urbanos, aumenta el crecimiento habitacional y con esta también aumenta la demanda de madera debido a los múltiples usos que se le da, por este motivo la producción de madera aserrada es una actividad muy importante de la industria nacional, que utiliza un producto natural renovable, pero el rendimiento obtenido por los aserraderos en la transformación de troza en madera aserrada, es bajo. El tipo de aserradero más común en uso, es el de sierra de cinta. (Romero, 1991)

La ubicación de las plantas de aserrío, está determinada actualmente por la distancia y acceso a los bosques, pues el transporte de las trozas hasta los centros urbanos, eleva considerablemente el costo de producción. El método típico de aserrado es el tangencial y el corte radial.

2.6.3. El aserrío en Bolivia

Debido a su conocimiento del mercado, a la integración del bosque con la industria, al conocimiento del proceso de transformación y a la coyuntura de precios altos, se considera que las empresas son las que más han lucrado gracias al manejo forestal. No se dispone de estadísticas detalladas para el primer eslabón de la cadena de producción (planificación y aprovechamiento

forestal), pero sí para el sector secundario (aserraderos, barracas e industrias).

Según la UPSA-CAINCO-CNF (2006), hay más de 1 100 empresas registradas en la Administradora de Tierras y Bosques (ABT), entre concesiones, aserraderos, hornos de secados, carpinterías, puestos de comercialización, etc. El sector secundario de la madera genera 90 000 empleos directos y 160 000 empleos indirectos. En el caso del sector primario, el nivel de empleo está en relación directa con el tamaño de las áreas de manejo y la tecnología utilizada en el aprovechamiento y procesamiento forestal.

Esto define el uso de la mano de obra como “mano de obra no calificada rural”; este grupo es el de mayor interés por ser representativo de los sectores más marginados. Se argumenta que las empresas certificadas por el Consejo de Manejo Forestal mantienen la mejor relación con las comunidades locales y sus trabajadores gozan de salarios y beneficios sociales adecuados.

2.6.4. Rendimiento y Calidad

El aserrado es una operación de desbaste que se realiza con la hoja de sierra por de viruta y cuyo objeto es cortar el material, parcial o totalmente. Esta operación, llevada racionalmente, resulta productiva, ya que el trabajo se efectúa con notable rapidez, evitando a veces el trabajo laborioso de otras herramientas y además con poca pérdida de material. (JMJ, 2009)

En la práctica industrial se emplean sierras alternativas, circulares y de cinta para el corte de barras y piezas en desbaste, y el aserrado a mano, sólo en aquellos trabajos en que los anteriores no pueden aplicarse por razones técnicas o económicas. (JMJ,2009).

El proceso de aserrío y corte de la madera persigue cinco metas fundamentales:

- Obtener calidad de las superficies y precisión del corte.
- Obtener eficiencia en la operación.
- Limitar el desgaste de las herramientas.
- Limitar el consumo de energía.
- Limitar las pérdidas de materia prima.

2.6.5. Aserrado

El aserrado es una operación de desbaste que se realiza con la hoja de sierra por de viruta y cuyo objeto es cortar el material, parcial o totalmente. Esta operación, llevada racionalmente, resulta productiva, ya que el trabajo se efectúa con notable rapidez, evitando a veces el trabajo laborioso de otras herramientas y además con poca pérdida de material. (JMJ, 2009) En la práctica industrial se emplean sierras alternativas, circulares y de cinta para el corte de barras y piezas en desbaste, y el aserrado a mano, sólo en aquellos trabajos en que los anteriores no pueden aplicarse por razones técnicas o económicas. (JMJ, 2009)

El proceso de aserrío y corte de la madera persigue cinco metas fundamentales:

- Obtener calidad de las superficies y precisión del corte.
- Obtener eficiencia en la operación.
- Limitar el desgaste de las herramientas.
- Limitar el consumo de energía.
- Limitar las pérdidas de materia prima

b) Transformación Primaria

Menciona que el primer procesamiento al que se somete a una troza luego de su extracción del bosque es el aserrado. Esta operación consiste en dar a la madera una escuadría determinada, para obtener piezas aserradas de diferentes dimensiones, en largo, ancho y espesor, que corresponde a la transformación primaria. (Cohdefor, 2006)

c) Transformación Secundaria

Explica que las actividades industriales a que se somete la madera son múltiples para aumentar su valor agregado, con este fin se emprenden múltiples procesos o líneas de producción en los aserraderos o empresas especializadas. Frecuentemente se produce: madera machihembrada, encofrados, listones, parquet, molduras, cajas y paletas, carrocerías, puertas, ventanas, cercas, elementos prefabricados, muebles, partes y piezas de artesanía. (Cohdefor, 2006)

d) Medidas de Rendimiento en Aserrío

Se identifican las siguientes características técnicas en los aserraderos:

- Eficiencia
- El aprovechamiento
- El rendimiento

La eficiencia de un aserradero depende básicamente:

- Del equipo adecuado de desdoble (corte).
- Del aprovechamiento apropiado de dicho equipamiento
- Del buen mantenimiento (para asegurar buen estado y el funcionamiento continuo
- De un buen flujo de material en el aserradero.

e) Estudio de Rendimiento en el Aserrío de Trozas

Según Chávez, 1997 nos indica que: 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.

Existen dos formas de medir el rendimiento en aserrío. Una es la que determina el llamado COEFICIENTE DE ASERRIO o coeficiente de aserrado, que es la relación entre el volumen de madera que se obtuvo y el volumen de los rollos que se usaron para producirla.

Cuando se mide en unidades métricas:

Si se mide en unidades inglesas:

En ambos casos, la expresión puede llevarse a porcentaje multiplicando por 100.

2.7. Pasos a seguir para un estudio de rendimiento

A manera general se toma el volumen inicial en troza, considerando todos los aspectos concernientes en cuanto a su forma y estado sanitario, para finalmente evaluar el volumen de madera obtenido en tablas, considerando también todas aquellas piezas comerciales resultantes del proceso de re aserrío o recuperación.

Se debe conocer la especie con la que se va a trabajar y si existe la cantidad suficiente de muestras que garanticen un buen resultado.

Un aspecto que se debe tomar muy en cuenta es que generalmente este tipo de estudios se lo realiza en condiciones normales de trabajo, lo cual hace un poco difícil la toma de información debido al volumen de madera que es aserrada y al ritmo de trabajo que se impone en estos tipos de empresas.

Para facilitar este factor se deben seguir los siguientes pasos:

2.7.1. 1er. Paso: Definición de Especies a Estudiar

El estudio de rendimiento se realizó para las especies Almendrillo Negro y Tajibo de las cuales se requiere conocer el porcentaje de rendimiento en aserrío en el proceso de transformación de troza a madera aserrada.

La selección de las especies para efectos del estudio, se realizó en función de que esta especies son de importancia para la empresa por ser las más comerciales de acuerdo al Programa de Abastecimiento y Procesamiento

de Materia Prima de la Empresa Manurini Eco Import Export, esto implica que el estudio de rendimiento debe ser para brindar resultados representativos para la Empresa.

De acuerdo a la Normativa vigente en Bolivia se debe realizar el estudio de rendimiento para todas la especies con las que se trabaja, pero lo importante es no mezclar la información para no desviarse del objetivo principal, el cual es obtener el rendimiento por especie.

2.7.2. 2do. Paso: Selección de Trozas

La selección de las trozas se las realizará en dos fases:

En la primera fase se deberá seleccionar al azar un número de 20 trozas con la finalidad de determinar las clases diamétricas más representativas. Es decir, en esta fase se realizará un pre muestreo para desechar todas aquellas trozas que están fuera de los diámetros de mayor aprovechamiento.

En la segunda fase, una vez identificadas las clases diamétricas con mayor número de individuos, se procederá a seleccionar al azar trozas que están dentro de estas clases y completar el número de muestras por clase diamétrica que se sugiere a continuación:

El número máximo sugerido por especie es de 120 trozas y el mínimo sugerido son 10 trozas por especie, atendiendo las normas COPANT. Por efectos estadísticos la recomendación práctica es de 30 trozas por especie.

Realizado el pre muestreo se debe evaluar 10 trozas por clase diamétrica representativa, en caso de obtenerse menos de 3 clases se deberá trabajar con la media considerando que el número de muestras recomendables es de 30 trozas por especie.

2.7.3. 3er. Paso: Recolección de Datos

Primeramente, se procederá a la elaboración de planillas confeccionadas especialmente para este tipo de estudio.

a) Marcado de la troza

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

b) Medición de la troza

Una vez marcada la troza, se procede a la medición de su longitud en metros, así como de sus diámetros con corteza en los extremos mayor y menor. Se utiliza para ello una cinta diamétrica graduada en centímetros y una wincha metálica para la medición de la longitud, con una precisión al centímetro.

c) Calidad y Datos de la Troza

Los datos que se deben registrar en cuanto a la forma que presenta la troza son los siguientes (Según LABONAC):

- Cilíndrica: Cuando la forma general se aproxima a la de un cilindro.
- Semicilíndrica: Cuando la forma general no se aproxima a la de un cilindro.
- Irregular: Si el prisma formado tiene irregularidades.

También se toma en cuenta la rectitud de la troza:

- Derecha: Si la troza es recta en toda su longitud.
- Sinuosa: Cuando en algún sector de la troza existe un alejamiento excesivo del eje longitudinal de la misma.
- Semi-sinuosa: Si este alejamiento del eje longitudinal de la troza no es demasiado.
- Torcida: Cuando presenta gran desviación longitudinal formando ángulos.

La calidad de las trozas estará en función de los factores antes mencionados y se las clasificará en trozas de primera, segunda y tercera calidad.

d) 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 troza, donde por medio del mismo se ejecuta el corte en la sierra cinta o sierra principal, saliendo de allí tablones que posteriormente son recibidos en la plataforma receptora de tablones.

- Marcado de Tablones
- Medición y Clasificación de Tablas
- Cuantificación del Volumen de Madera Recuperada

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en la Empresa Manurini Eco Import Export Ubicado en el Km 1 carretera Porvenir - Cachuelita, Barrio Senac,

Municipio : Porvenir
Provincia : Nicolás Suárez
Departamento : Pando

Las coordenadas geográficas son:

Longitud oeste : 68° 11' 14"
Latitud sur : 11° 43' 16"



La empresa Manurini Eco Import Export legalmente constituida en el Estado Plurinacional de Bolivia, entre las actividades que realiza son Exportadora de madera elaborada tipo Decking S4S, E4E, Aserradero y Carbonera, las fuentes de abastecimiento de materia prima son áreas bajo manejo forestal de Comunidades Campesinas e Indígenas.

3.2. Equipos, herramientas y materiales empleados

Los equipos y materiales utilizados fueron los siguientes:

3.2.1. Equipos y herramientas para el trabajo de campo

- Flexómetro de 10 y 5 metros
- Regla milimétrica
- tablero
- Planillas de registro
- Lápices
- Cámara fotográfica
- Pintura

3.2.2. Material de gabinete.

- Computadora (ordenador de escritorio).
- Materiales de escritorio.
- Memoria extraíble

3.3. Detalle del trabajo realizado

La metodología de la presente investigación se apoya en los trabajos y estudios realizados por el proyecto BOLFOR.

PASO 1

Selección de muestras y cantidad de trozas para estudio de rendimiento.-

De acuerdo a la directriz 004/2012, se deben seleccionar como mínimo 30 troncas para las especies poco abundantes, dependiendo del número de árboles por hectárea o la densidad de arboles existentes en el bosque. La materia proviene del POAF 2802-2018 de la Comunidad Indígena Florida del Municipio de Puerto Rico, madera aprovechada en la gestión 2021, donde se clasificaron 36 muestras o trozas que resultaron de una clasificación al azar

de acuerdo al ingreso de las troncas a la rampla corta trozas, encontrándose trozas con clases diamétricas y dimensiones longitudinales diferentes, mismas que permitieron tener la suficiente variabilidad y no así direccionar el rendimiento. Como factor importante, para este proceso se identificaron las numeraciones de cada troza con la finalidad de darle un seguimiento más riguroso a la cadena de custodia.

En cumplimiento a la directriz 004/2012 se hizo el cálculo para definir el tamaño de la muestra para realizar el estudio en base a la relación siguiente:

Abundante: Almendrillo negro y Tajibo ≥ 1 Árbol / Hectárea

Poco Abundante: Almendrillo negro y Tajibo ≤ 1 Árbol / Hectárea

Según RA-ABT-DDPA-POAF-2802-2018, autorización de la cual provienen las trozas para el estudio de rendimiento, tenemos:

Almendrillo negro 408 Árboles / 1100,00 Ha = 0,37 Árbol / Ha. (Poco Abundante).

Tajibo 657 Árboles / 1100,00 Ha = 0,59 Árbol / Ha. (Poco Abundante).

Dicha clasificación obedece a la siguiente relación distribuida según clase diamétrica.

3.3.1. Selección de trozas.

Se realizó la medición de 36 trozas de cada especie con la finalidad de determinar las clases diamétricas más representativas, el número máximo sugerido de trozas por especie es de 120 trozas y el mínimo sugerido son 10

trozas por especie, por efectos estadísticos la recomendación práctica es de 30 trozas por especie.

3.3.2. Marcado de trozas.

Una vez seleccionadas las trozas se procederá al pintado de sus extremos, utilizando para ello pintura de color diferente al de despacho y recepción de la misma, con la finalidad de evitar confusiones con el ingreso de las trozas en estudio.

3.3.3. Separación de las trozas seleccionadas.

Posterior al marcado de las trozas se procede a separar dichas muestras para evitar confusión y desorden al momento de realizar el estudio.

3.3.4. Medición de las trozas.

Al momento de realizar la separación de las muestras, se procederá a la medición de su longitud en metros, así como sus diámetros con corteza en los extremos mayor y menor. Se utilizará para ello el metro (flexo metro) con precisión en centímetros.

3.3.5. Calidad de las trozas.

Los datos que se deben registrar en cuanto a la forma que presenta la troza son los siguientes (Según LABONAC):

- a) Cilíndrica: Cuando la forma general se aproxima a la de un cilindro.
- b) Semicilíndrica: Cuando la forma general no se aproxima a la de un cilindro.
- c) Irregular: Si el prisma formado tiene irregularidades.

También se tomaron en cuenta la rectitud de las trozas:

- a) Derecha: Si la troza es recta en toda su longitud.
- b) Sinuosa: Cuando en algún sector de la troza existe un alejamiento excesivo del eje longitudinal de la misma.
- c) Semi-sinuosa: si este alejamiento del eje longitudinal de la troza no es demasiado.

d) Torcida: Cuando presenta gran desviación longitudinal formando ángulos.

Se estimó el porcentaje del estado sanitario de las trozas según la magnitud del ataque de hongos e insectos.

La calidad de las trozas estará en función de los factores antes mencionados y se las clasificará en trozas de primera, segunda y tercera calidad. (BOLFOR., 1997)

3.3.6. Clasificación

- Primera calidad: serán aquellas cilíndricas, derechas y sin ataques de ninguna clase y si lo hubiese estos deben ser mínimos.
- Segunda calidad: serán semicilíndricas, semisinuosas y ataques mínimos o hasta un 30% de su tamaño.
- Tercera calidad: será de forma irregular, sinuosa o torcida con pudriciones.

3.4. Flujo de producción

3.4.1. Descripción del equipo y maquinaria

El equipo para el aserraje, el cual se compone de un aserradero de sierra cinta o sin fin, donde el producto final obtenido son tablas de varias medidas, cuenta con infraestructura adecuada con mayor espacio en el patio de almacenamiento de troncas y madera aserrada, galpones para los productos terminados, almacén, sala de máquinas, depósito de combustible, oficinas de la administración, cocina comedor y otras dependencias.

El equipo de transformación primaria con el que cuenta el Aserradero Manurni Eco Import Export son: Una Sierra Cinta de 1.50 de diámetro del volante, el cual cuenta con un equipo de afil

ación completo, desorilladoras, despuntadoras, sierras circulares para recuperación de residuos de madera, grupos generadores eléctricos, extractor y horno, etc.

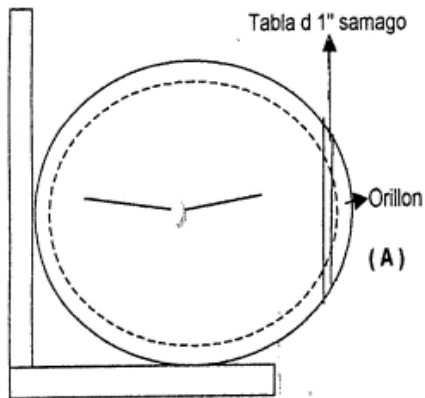
3.4.2. Descripción de la capacidad instalada del aserradero.-

El Aserradero de Manurini Eco Import Export cuenta con un equipo de transformación compuesto de una sierra con 1,50 metros de volante, es un equipo en buen estado de funcionamiento, sin embargo las labores de mantenimiento son permanentes, así mismo la maquinaria que forma parte del complemento del proceso de transformación se encuentra distribuido para lograr la mayor efectividad en cuanto al flujo de la materia prima, la capacidad instalada promedio es de 7000 m³r al año este promedio desde luego no es definitivo ya que muchas de las especies que se están procesando en la actualidad son de consistencia dura y semidura reduciendo de cierta forma la capacidad de producción por la necesidad de emplear otros métodos de afilado y consecuentemente otra sierra que permita darle cortes adecuados a las especies con esas características.

3.4.2. Diagrama de corte de madera.

Los esquemas o diagramas de corte son muy importantes en la búsqueda de la calidad de la tabla a producir, a más volteos en el carro tomando en cuenta los defectos naturales de la tronca o buscando desorillar menos hay mayor pérdida de tabla, y también las medidas en especial los espesores del producto de la tabla tienen gran influencia en el rendimiento P^2/m^3 , y la producción del aserradero $p^2/hora$.

CORTE No. 1



CORTE No. 2

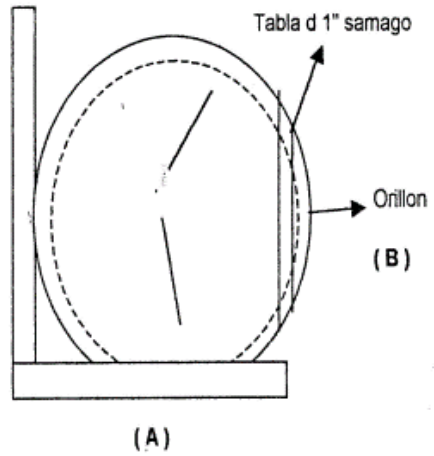
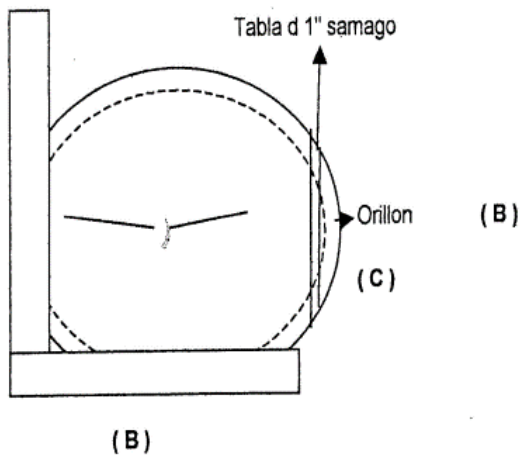


Ilustración 1 Cortes Iniciales

CORTE No. 3



CORTE No. 4

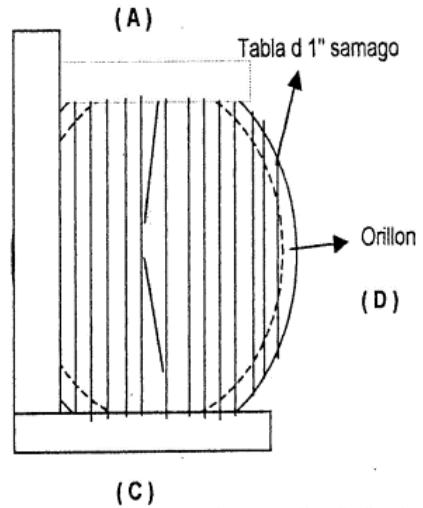
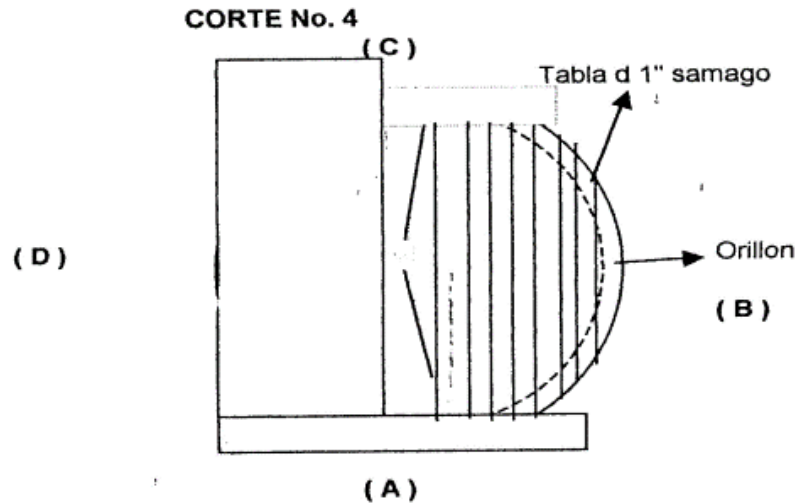


Ilustración 2 Primer Volteo y Desdoblado

Si los defectos centrales lo permiten se continua con el corte hasta terminar la tronca pero generalmente se realiza un último volteo.



Las medidas en espesor del corte son diferentes por especies, varían de acuerdo a su uso, durabilidad, trazabilidad y su calidad:

3.4.2. Aserraje

La tronca es registrada antes que ingrese a la rampla del aserradero, por el diámetro del volante, por tratarse de un aserradero de volante de 1.50 mts, no se realizan fraccionamiento en sentido longitudinal en 2 subdivisiones. Solo si esta sobrepasado el diámetro del volante, el primer corte del lado, resulta una cantonera sin valor por el espesor irregular ocasionado por el corte tangencial, es necesario el primer corte de tabla sea de una pulgada de espesor a esta se le denomina destape, luego de dos cortes en 2 pulgadas es necesario volcar la troza, una vez escuadrado con dos nuevos cortes se da el segundo volteo y finalmente el ultimo volteo define el corte de la troza.

3.4.3. Desorillado

El desorillado es la etapa del procesado más para reducir los desperdicios, cuanto la tronca es sinuosa se debe obtener varios cortes de tal forma en la próxima etapa estos sean aprovechados en diferentes largos, en el caso de que la tronca sea cilíndrica a semicilíndrica se debe con seguir tablas en todo el ancho con ello se evitan los desperdicios.

La mala apreciación y decisión de realizar lo expuesto acápite, ocasiona bastantes desperdicios, esto influye directamente en la reducción en la transformación de metros cúbicos a pies tablares. Se debe dar prioridad en el control de esta etapa.

3.4.4. Despuntado

En esta etapa cada una de las tablas se debe volcar, para poder apreciar las rajaduras y todos los defectos para darle el corte del largo definitivo a cada tabla obtenida, para luego previo marcado de cada uno de los largos, estas son empaquetados en rumas por su largo.

3.4.5. Levantamiento de datos

a) Clasificación y marcado de paquetes.

Las producciones de los aserraderos están controladas mediante el armado de los paquetes los mismos que para su manipuleo están determinados que debe tener

La empresa maneja tres tipos de calidades.

Calidad primera: Son las maderas libres de defectos.

Calidad segunda: Son las maderas que se encuentran con dos caras limpias
En la generalidad la madera se manifiesta con la presencia de grietas, rajaduras, picadas de insectos, sámago incluido poco notorias.

Calidad tercera: Que en realidad es la tabla que resulta del centro de la tronca que por lo general sale des calibrada y con los defectos de la medula muy pronunciados.

Para nuestro estudio, todos los paquetes son marcados (pintados) con pintura sprait y etiquetados con los datos correspondientes a la identificación del paquete, origen de la madera, especie, calidad, número de piezas y volumen y son parte de la cadena de custodia para la certificación forestal. (Avalos, 2013)

3.5. Calculo de los parámetros

3.5.1. Cubicación de trozas.

Para determinar el volumen de las trozas en estudio, se aplicará la fórmula abajo indicada, ya que considera el promedio de los diámetros mayor y menor registrados y la longitud de la troza.

La metodología para la cubicación es la fórmula Smallian

$$V=0.7854 \times \frac{(D+d)^2}{2} \times L$$

Donde:

V= Volumen en m³

D= Diámetro mayor en metros.

d= Diámetro menor en metros.

L= Longitud en metros.

3.5.2. Cubicación de la madera serrada (tablas).

Para determina el volumen en pie tablares se aplicará la siguiente fórmula.

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

Donde:

V= Volumen en pies tablares

L= Longitud en pies

A= Ancho de la tabla en pulgadas

E= Espesor da la tabla en pulgadas

3.5.3. Determinación del rendimiento.

Para obtener el rendimiento es porcentaje se aplicará la siguiente relación.

$$R= \frac{\text{Volumen de tablas en m}^3}{\text{Volumen de troza en m}^3} \times 100$$

El volumen de las tablas se obtiene en pies tablares: por ello se realizará la transformación del volumen de madera serrada, de pies tablares a metros cúbicos. Para esto se considera la siguiente equivalencia.

$$1\text{m}^3 = 424 \text{ (pt) (aproximadamente 423.84)}$$

3.5.4. Volumen de los desperdicios.

El volumen de los desperdicios será el resultado de la diferencia del volumen en troza y el volumen de madera aserrada.

3.6. Análisis y procesamiento de datos

Los datos obtenidos serán vaciados en una hoja electrónica EXCEL y posteriormente analizados mediante el paquete estadístico SPSS Versión 18.

4. RESULTADOS

4.1 Resultado general de las trozas evaluadas:

Tabla 1 Resultados de las troncas evaluadas (Almendrillo Negro)

RELACION DE TRONCAS EVALUADAS Y RESUMEN DE RESULTADOS REFERIDAS AL ESTUDIO DE RENDIMIENTO DE LA ESPECIE ALMENDRILLO NEGRO																				
Especie	Nº Arb Censo	Sección de Troza	Nº de Troza	Calidad Troza	INGRESO DE VOLUMEN					EGRESO DE VOLUMEN ASERRADO							Mader residual			
					Diámetro base		Diámetro punta		Larg (m)	Volum (m³)	Prod Larga	Prod Corta	Prod Recup.	Total m³	Tol m³s	% de ren Larga		% de ren Corta	% de ren Recup.	% de ren De troza
					1	2	1	2												
ALM. NEGRO	1148	B	1	1	0.6	0.54	0.59	0.53	8.7	2.18	347	173	35	555	1.31	38	19	4	60	40
ALM. NEGRO	185	B	2	1	0.78	0.69	0.74	0.66	6.3	2.55	334	183	5	522	1.23	31	17	0	48	52
ALM. NEGRO	56	A	3	1	0.96	0.85	0.94	0.66	6.3	5.89	466	266	0	732	1.73	31	17	0	48	52
ALM. NEGRO	176	A	4	1	0.72	0.63	0.7	0.6	6.3	2.17	334	93	23	449	1.06	36	10	2	49	51
ALM. NEGRO	135	B	5	1	0.74	0.63	0.72	0.6	6.3	2.24	329	137	8	473	1.12	35	14	1	50	50
ALM. NEGRO	1150	B	6	1	0.58	0.63	0.58	0.6	7.9	2.22	189	187	73	449	1.06	20	20	8	48	52
ALM. NEGRO	92	B	7	2	0.46	0.36	0.46	0.38	6.4	0.87	127	66	20	213	0.50	35	18	6	58	42
ALM. NEGRO	1027	B	8	1	1.06	0.9	1.04	0.85	8.1	5.89	582	256	25	862	2.03	23	10	1	35	65
ALM. NEGRO	995	A	9	1	0.84	0.71	0.8	0.63	6.1	2.66	421	211	26	658	1.55	37	19	2	58	42
ALM. NEGRO	1109	B	10	1	0.8	0.7	0.8	0.68	7.8	3.40	484	223	14	721	1.70	34	15	1	50	50
ALM. NEGRO	1217	B	11	1	0.72	0.65	0.7	0.61	6.9	2.43	395	112	46	553	1.30	38	11	4	54	46
ALM. NEGRO	1237	B	12	1	0.96	0.86	0.94	0.94	8.8	5.91	677	421	60	1158	2.73	27	17	2	46	54
ALM. NEGRO	1168	B	13	1	0.94	0.86	0.94	0.66	9.4	5.33	628	362	27	1017	2.40	28	16	1	45	55
ALM. NEGRO	1032	B	14	1	0.76	0.7	0.76	0.65	9.1	3.68	188	277	43	508	1.20	12	18	3	33	67
ALM. NEGRO	1109	B	15	2	0.96	0.85	0.94	0.8	7.6	4.70	637	240	27	904	2.13	32	12	1	45	55
ALM. NEGRO	97	A	16	2	0.54	0.49	0.54	0.48	6.4	1.32	192	148	4	344	0.81	34	27	1	62	38
ALM. NEGRO	1146	B	17	1	0.64	0.56	0.6	0.54	8.4	2.26	277	232	8	517	1.22	29	24	1	54	46
ALM. NEGRO	1188	B	18	2	0.9	0.8	0.9	0.78	8.7	4.88	619	344	40	1003	2.37	30	17	2	49	51
ALM. NEGRO	1033	B	19	1	0.72	0.65	0.7	0.6	9.8	3.43	349	333	38	720	1.70	24	23	3	50	50
ALM. NEGRO	1070	B	20	1	0.68	0.54	0.68	0.53	8.3	2.41	278	168	14	460	1.08	27	16	1	45	55
ALM. NEGRO	383	B	21	1	0.78	0.69	0.76	0.66	7.6	3.12	333	180	5	517	1.22	25	14	0	39	61
ALM. NEGRO	1027	A	22	1	1.14	0.9	1.14	0.88	6.4	5.18	367	561	0	928	2.19	17	26	0	42	58
ALM. NEGRO	1195	A	23	1	0.66	0.64	0.64	0.52	6.2	1.84	317	106	23	446	1.05	41	14	3	57	43
ALM. NEGRO	1190	B	24	1	0.94	0.75	0.9	0.71	7.9	4.22	637	265	0	902	2.13	36	15	0	50	50
ALM. NEGRO	377	A	25	1	1.06	0.9	1.04	0.84	6.3	4.56	813	243	36	1092	2.58	42	13	2	56	44
ALM. NEGRO	768	B	26	2	0.6	0.55	0.58	0.5	8.2	2.00	285	207	18	511	1.21	34	24	2	60	40
ALM. NEGRO	724	B	27	3	0.98	0.86	0.96	0.82	7.1	4.57	587	49	38	674	1.59	30	3	2	35	65
ALM. NEGRO	775	B	28	2	0.54	0.42	0.54	0.41	8.5	1.52	169	239	46	454	1.07	26	37	7	70	30
ALM. NEGRO	348	B	29	1	0.44	0.32	0.42	0.3	10.3	1.11	72	101	18	191	0.45	15	21	4	41	59
ALM. NEGRO	462	B	30	1	0.66	0.55	0.64	0.6	6.3	1.86	210	270	46	526	1.24	27	34	6	67	33
ALM. NEGRO	477	B	31	1	0.88	0.73	0.8	0.69	6.9	3.25	404	230	23	657	1.55	29	17	2	48	52
ALM. NEGRO	479	A	32	1	0.88	0.73	0.86	0.7	6.4	3.16	427	185	5	617	1.46	32	14	0	46	54
ALM. NEGRO	1028	A	33	1	0.38	0.25	0.38	0.23	8.9	0.67	121	64	8	192	0.45	43	22	3	68	32
ALM. NEGRO	522	B	34	2	0.56	0.45	0.56	0.41	7	1.35	139	64	29	232	0.55	24	11	5	41	59
ALM. NEGRO	1096	B	35	1	0.96	0.84	0.94	0.83	5	3.13	339	318	41	698	1.65	26	24	3	53	47
ALM. NEGRO	993	A	36	1	0.48	0.48	0.42	0.42	8.6	1.37	66	89	33	188	0.44	11	15	6	32	68
ALM. NEGRO	436	B	37	1	0.97	0.9	0.95	0.9	8.5	5.77	945	316	28	1290	3.04	39	13	1	53	47
ALM. NEGRO	845	C	38	1	0.75	0.67	0.76	0.69	4.7	1.90	176	71	18	266	0.63	22	9	2	33	67
ALM. NEGRO	845	B	39	2	0.65	0.65	0.51	0.51	6.2	1.64	276	64	5	344	0.81	40	9	1	50	50
ALM. NEGRO	741	A	40	1	0.88	0.72	0.8	1.03	7	4.04	562	184	39	785	1.85	33	11	2	46	54
ALM. NEGRO	741	C	41	1	0.97	0.88	0.8	0.74	6.3	3.55	585	190	25	799	1.89	39	13	2	53	47
ALM. NEGRO	841	C	42	1	0.67	0.6	0.6	0.58	5.9	1.74	289	76	9	373	0.88	39	10	1	51	49
ALM. NEGRO	246	D	43	1	1.15	1.11	1.05	1	5.9	5.38	897	216	17	1131	2.67	39	9	1	50	50
ALM. NEGRO	435	A	44	1	0.67	0.56	0.86	0.83	7.1	2.97	630	105	15	749	1.77	50	8	1	59	41
ALM. NEGRO	436	C	45	1	0.9	0.95	0.9	0.8	4.2	2.60	564	17	5	585	1.38	51	1	0	53	47
ALM. NEGRO	809	A	46	1	0.8	0.75	1.1	1.02	5.1	3.37	668	52	3	723	1.71	47	4	0	51	49
ALM. NEGRO	246	A	47	1	1.27	1.04	1.3	1.25	5.2	6.03	1115	144	34	1293	3.05	44	6	1	51	49
ALM. NEGRO	326	B	48	1	0.62	0.58	0.52	0.55	7	1.77	308	67	8	383	0.90	41	9	1	51	49
ALM. NEGRO	355	A	49	1	1.1	1.05	1.02	0.93	5.1	4.21	663	134	24	821	1.94	37	8	1	46	54
ALM. NEGRO	436	A	50	1	0.75	0.58	0.97	0.9	5.6	2.81	355	188	5	547	1.29	30	16	0	46	54

El cuadro anterior pormenoriza las trozas y sus volúmenes que fueron evaluados en boca de aserradero y los resultados obtenidos de cada uno de ellos lo que promedia finalmente el rendimiento general del Almendrillo Negro

Tabla 2 Resultados de las troncas evaluadas (Tajibo)

RELACION DE TRONCAS EVALUADAS Y RESUMEN DE RESULTADOS REFERIDAS AL ESTUDIO DE RENDIMIENTO DE LA ESPECIE TAJIBO																				
Especie	N° Arb Censo	Seccio de Troza	N° d Troza	Calid d Troza	INGRESO DE VOLUMEN				Larg (m)	Volum (m3)	EGRESO DE VOLUMEN ASERRADO								Mader residual	
					Diametro base		Diametro punta				Prod Larga	Prod Corta	Prod Recup.	Total Pt	Tot m3s	% de ren Larga	% de ren Corta	% de ren Recup.		% de ren De troza
					1	2	1	2												
TAJIBO	608	B	30	1	0.44	0.44	0.42	0.42	8.1	1.18	150	26	0	176	0.42	30	5	0	35	65
TAJIBO	613	B	31	1	0.54	0.54	0.54	0.54	8	1.83	183	103	17	303	0.71	24	13	2	39	61
TAJIBO	618	B	32	1	0.48	0.48	0.48	0.48	8	1.45	146	129	0	274	0.65	24	21	0	45	55
TAJIBO	605	A	33	1	0.54	0.54	0.52	0.52	8	1.76	224	164	1	389	0.92	30	22	0	52	48
TAJIBO	273	A	34	1	0.64	0.64	0.62	0.62	6.2	1.93	375	69	0	444	1.05	46	8	0	54	46
TAJIBO	244	A	35	1	0.48	0.48	0.42	0.42	6.3	1.00	135	34	0	168	0.40	32	8	0	40	60
TAJIBO	254	A	36	1	0.48	0.48	0.44	0.44	6.3	1.05	73	79	4	156	0.37	16	18	1	35	65
TAJIBO	238	C	37	1	0.64	0.64	0.6	0.6	8.5	2.60	324	74	13	411	0.97	29	7	1	37	63
TAJIBO	315	B	38	1	0.52	0.52	0.5	0.5	9.9	2.02	189	96	7	292	0.69	22	11	1	34	66
TAJIBO	264	A	39	1	0.54	0.54	0.52	0.52	6.3	1.39	172	59	1	232	0.55	29	10	0	39	61
TAJIBO	612	B	40	1	0.36	0.36	0.34	0.34	9.9	0.95	16	59	12	87	0.21	4	15	3	22	78
TAJIBO	484	C	41	1	0.58	0.58	0.5	0.5	6.3	1.44	56	95	0	151	0.36	9	16	0	25	75
TAJIBO	608	B	42	1	0.44	0.44	0.42	0.42	8	1.16	96	70	5	170	0.40	19	14	1	34	66
TAJIBO	372	B	43	1	0.42	0.42	0.4	0.4	6.5	0.86	64	83	0	146	0.35	17	23	0	40	60
TAJIBO	264	B	44	1	0.5	0.5	0.5	0.5	7.7	1.51	145	90	0	235	0.55	23	14	0	37	63
TAJIBO	713	C	45	1	0.58	0.58	0.56	0.56	5	1.28	111	40	9	159	0.38	21	7	2	29	71
TAJIBO	374	B	46	1	0.54	0.54	0.48	0.48	10	2.04	187	43	11	241	0.57	22	5	1	28	72
TAJIBO	811	A	47	1	0.48	0.48	0.38	0.38	6.3	0.91	65	46	8	119	0.28	17	12	2	31	69
TAJIBO	113	C	48	2	0.58	0.58	0.5	0.5	5	1.15	188	65	11	264	0.62	39	13	2	54	46
TAJIBO	325	B	49	1	0.64	0.64	0.62	0.62	6.3	1.96	219	45	32	296	0.70	26	5	4	36	64
TAJIBO	608	A	50	1	0.44	0.44	0.42	0.42	7.4	1.07	184	24	0	208	0.49	40	5	0	46	54
TAJIBO	335	A	11	2	0.46	0.46	0.44	0.44	6.3	1.00	143	104	5	253	0.60	34	25	1	59	41
TAJIBO	224	B	12	1	0.38	0.38	0.38	0.38	8.4	0.95	96	50	0	146	0.34	24	12	0	36	64
TAJIBO	265	A	13	1	0.3	0.3	0.28	0.28	8.1	0.54	34	58	6	98	0.23	15	26	3	43	57
TAJIBO	323	B	14	1	0.48	0.48	0.48	0.48	6.6	1.19	107	77	0	184	0.43	21	15	0	36	64
TAJIBO	326	A	15	1	0.58	0.58	0.58	0.58	6.3	1.66	159	12	0	171	0.40	23	2	0	24	76
TAJIBO	273	A	16	1	0.96	0.85	0.94	0.8	6.2	3.84	429	30	0	459	1.08	26	2	0	28	72
TAJIBO	264	C	17	1	0.5	0.5	0.5	0.5	7.7	1.51	216	77	0	293	0.69	34	12	0	46	54
TAJIBO	608	A	18	1	0.49	0.49	0.44	0.44	7	1.19	108	77	9	195	0.46	21	15	2	39	61
TAJIBO	325	B	19	1	0.64	0.64	0.62	0.62	6.3	1.96	237	170	0	407	0.96	28	20	0	49	51
TAJIBO	272	B	20	2	0.4	0.4	0.38	0.38	7.9	0.94	32	143	0	175	0.41	8	36	0	44	56
TAJIBO	374	B	21	2	0.54	0.54	0.48	0.48	8	1.63	192	111	0	303	0.71	28	16	0	44	56
TAJIBO	811	B	22	1	0.48	0.48	0.48	0.48	6.3	1.14	48	124	14	185	0.44	10	26	3	38	62
TAJIBO	989	A	23	1	0.42	0.42	0.4	0.4	6.3	0.83	88	31	22	141	0.33	25	9	6	40	60
TAJIBO	327	A	24	1	0.42	0.42	0.4	0.4	6.5	0.86	93	53	8	153	0.36	26	14	2	42	58
TAJIBO	574	B	25	2	0.42	0.42	0.42	0.42	3.7	0.51	94	20	0	114	0.27	43	9	0	52	48
TAJIBO	609	A	26	2	0.54	0.54	0.54	0.54	6.4	1.47	265	22	0	287	0.68	43	4	0	46	54
TAJIBO	713	C	27	1	0.58	0.58	0.58	0.58	5	1.32	233	52	0	284	0.67	42	9	0	51	49
TAJIBO	302	B	28	1	0.42	0.42	0.4	0.4	5.7	0.75	58	55	1	114	0.27	18	17	0	36	64
TAJIBO	484	c	29	1	0.32	0.32	0.3	0.3	5.2	0.39	26	57	12	95	0.22	16	34	7	57	43
TAJIBO	109	A	1	1	0.48	0.46	0.46	0.42	6.3	1.02	68	19	11	98	0.23	16	4	3	22	78
TAJIBO	315	A	2	2	0.6	0.54	0.54	0.52	6.3	1.50	140	107	5	251	0.59	22	17	1	40	60
TAJIBO	521	A	3	1	0.38	0.38	0.38	0.38	7.8	0.88	128	67	0	195	0.46	34	18	0	52	48
TAJIBO	731	A	4	1	0.4	0.4	0.4	0.4	9.2	1.16	117	76	6	199	0.47	24	15	1	41	59
TAJIBO	339	A	5	1	0.42	0.42	0.42	0.42	6.3	0.87	126	94	0	220	0.52	34	25	0	59	41
TAJIBO	312	A	6	1	0.42	0.38	0.4	0.36	7.5	0.90	72	62	0	134	0.32	19	16	0	35	65
TAJIBO	314	A	7	1	0.42	0.4	0.38	0.32	10.8	1.22	80	50	0	130	0.31	15	10	0	25	75
TAJIBO	254	A	8	2	0.54	0.52	0.5	0.48	6.3	1.29	233	84	0	316	0.75	43	15	0	58	42
TAJIBO	995	A	9	1	0.34	0.34	0.32	0.32	7	0.60	69	40	4	112	0.27	27	16	2	44	56
TAJIBO	280	B	10	1	0.41	0.38	0.38	0.36	8.5	0.98	54	90	0	143	0.34	13	22	0	35	65

El cuadro anterior pormenoriza las trozas y sus volúmenes que fueron evaluados en boca de aserradero y los resultados obtenidos de cada uno de ellos lo que promedia finalmente el rendimiento general del Tajibo

4.2. Características de la madera en trozas

4.2.1. Diámetro medio de madera en troza

Tabla 3

Distribución de frecuencias del diámetro medio de la madera en troza de Almendrillo negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*).

Clases de diámetro (cm)	Almendrillo negro		Tajibo	
	Frec. Abs.	Frec. Rel	Frec. Abs.	Frec. Rel.
30,0 - 44,4	3	8,3%	4	11,1%
44,5- 58,9	7	19,4%	6	16,7%
59,0 - 73,4	11	30,5%	10	27,8%
73,5 - 87,9	6	16,7%	9	25,0%
88,0 - 102,4	9	25,0%	7	19,4%
Total	36	100,0%	36	100,0%

Los diámetros de la madera en troza variaron de 30 a 102 cm, sin embargo la mayor proporción de diámetros en ambas especies se encuentra 59,0 a 73,4 cm con 30,5% en almendrillo negro y 27,8% en el tajibo respectivamente.

4.2.2. Largo de la madera en troza

Tabla 4

Distribución de frecuencias del largo de la madera en troza del Almendrillo negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*).

Clases de largo (m)	Almendrillo negro		Tajibo	
	Frec. Abs.	Frec. Rel	Frec. Abs.	Frec. Rel.
5,0 - 6,0	1	2,8%	3	8,3%
6,1 - 7,1	16	44,4%	8	22,2%
7,2 - 8,2	7	19,4%	11	30,6%
8,3 - 9,3	9	25,0%	8	22,2%
9,4 - 10,4	3	8,3%	6	16,7%
Total	36	100,0%	36	100,0%

El largo de la madera en troza varió de 5,0 a 10,4 m, la mayor proporción de largo en el almendrillo negro se encuentra 6,1 a 7,1 m con 44,4% mientras que en el Tajibo se encuentra en la clase 7,2 – 8,2 m con 30,6%.

4.3. Volúmenes de madera en troza y en tablas

4.3.1. Volumen de madera en troza

Tabla 5

Distribución de frecuencias del volumen de la madera en troza del Almendrillo negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*).

Clases de volumen (m ³)	Almendrillo negro		Tajibo	
	Frec. Abs.	Frec. Rel	Frec. Abs.	Frec. Rel.
0,29 - 1,42	6	16,7%	6	16,7%
1,43 - 2,56	13	36,1%	9	25,0%
2,57 - 3,70	8	22,2%	10	27,8%
3,71 - 4,84	5	13,9%	6	16,7%
4,85 - 5,98	4	11,1%	5	13,9%
Total	36	100,0%	36	100,0%

El volumen de la madera en troza varió de 0,39 a 5,98 m³, la mayor proporción del volumen en el almendrillo negro se encuentra 1,43 a 2,56 m³ con 36,1% mientras que en el Tajibo se encuentra en la clase 2,57 – 3,70 m³ con 27,8%.

4.3.2. Volumen de madera en tablas

Tabla 6

Distribución de frecuencias del volumen de la madera en tabla del Almendrillo negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*).

Clases de volumen (m ³)	Almendrillo negro		Tajibo	
	Frec. Abs.	Frec. Rel.	Frec. Abs.	Frec. Rel.
0,20 - 0,66	2	5,6%	4	11,1%
0,67 - 1,13	8	22,2%	9	25,0%
1,14 - 1,60	16	44,4%	12	33,3%
1,61 - 2,07	5	13,9%	9	25,0%
2,08 - 2,54	5	13,9%	2	5,6%
Total	36	100,0%	36	100,0%

El volumen de la madera en troza varió de 0,20 a 2,54 m³, la mayor proporción del volumen en ambas especies se encuentran 1,14 a 1,60 m³ con 44,4% y 33,3% respectivamente.

4.4. Factor de rendimiento

Tabla 7

Factor de rendimiento de la madera de las especies Almendrillo negro (*Dipteryx odorata*) y Tajibo (*Tabebuia serratifolia*).

Parámetros	Almendrillo negro	Tajibo
Volumen en troza	2,755	2.977
Volumen en tablas	1,409	1,318
Factor de rendimiento (%)	51,1	44,3

Los resultados indican que la especie Almendrillo negro tiene un rendimiento mayor respecto al Tajibo.

Esta información puede ser utilizada por las empresas madereras al momento de estimar la obtención de madera en tabla a partir de la madera en troza o tronca.

5. DISCUSIÓN

5.1. Características de madera en troza

En la presente investigación el diámetro de la madera en troza varió de 30 a 102 cm, la mayor proporción de diámetros en ambas especies se encuentra 59,0 a 73,4 cm con 30,5% en almendrillo negro y 27,8% en el tajibo, respectivamente.

El largo de la madera en troza varió de 5,0 a 10,4 m, la mayor proporción de largo en el almendrillo negro se encuentra 6,1 a 7,1 m con 44,4% mientras que en el Tajibo se encuentra en la clase 7,2 – 8,2 m con 30,6%.

El volumen de la madera en troza varió de 0,39 a 5,98 m³, la mayor proporción del volumen en el almendrillo negro se encuentra 1,43 a 2,56 m³ con 36,1% mientras que en el Tajibo se encuentra en la clase 2,57 – 3,70 m³ con 27,8%.

El volumen de la madera en troza varió de 0,20 a 2,54 m³, la mayor proporción del volumen en ambas especies se encuentran 1,14 a 1,60 m³ con 44,4% y 33,3% respectivamente.

Al respecto, Portella, C. J. (2021), en una investigación titulada rendimiento en aserrío de *Couratari guianensis* y *Tabebuia serratifolia* en la empresa forestal Otorongo S.A.C, Madre de Dios” (Perú), obtuvo los siguientes resultados: en el estudio de rendimiento en aserrío de *Tabebuia serratifolia* (tahuarí) para la obtención de tablas, se encontró que: El lote de trozas procesadas presenta una distribución homogénea entre las clases diamétricas de 0.46 m a 0.70 m de diámetro (60 por ciento), siendo estas de diámetros similares, dando como resultado poca variación en el volumen rollizo.

El balance del proceso de aserrío, muestra que el volumen de ingreso es mucho mayor al volumen de salida, siendo la diferencia residuos como aserrín, leña, viruta, etc. Esta diferencia está influenciada por los factores que afectan el rendimiento y la productividad, estos factores se relacionan directamente con el diámetro, forma y estado sanitario de las trozas, los

defectos y la dureza de la madera, la presencia de gomas, resinas y otras inclusiones y las tensiones de la madera. Así mismo, con los factores relacionados con los aserraderos como el tipo de maquinaria empleada, el programa de corte, el sistema de trabajo de la empresa y el entrenamiento industrial del personal (CNF, 1996).

El volumen total de madera aserrada obtenido fue de 118 248.99 pt, distribuido en un 74 por ciento de madera comercial y un 26 por ciento de madera corta.

El rendimiento obtenido en el aserrío de tablas de tahuarí (*Tabebuia serratifolia*) fue de 38.51 por ciento, lo cual significa que para producir 163.28 pt de madera aserrada se necesita 1 m³ de madera rolliza de tahuarí (Quirós et al., 2005), indica que el aserrío de trozas provenientes de bosques naturales con diámetros medios de 60 cm, el rendimiento varía de 45-75 por ciento, debido a que conforme se reduce el diámetro de las trozas disminuye el rango de rendimiento. Por lo tanto, el rendimiento obtenido revela que el lote de trozas procesadas en su gran mayoría presentaron un diámetro promedio inferior a 60 cm.

Por otro lado, Bustamante (2010) califica el rendimiento obtenido en función de los rangos considerados como regulares, para la madera comercial entre 25-45 por ciento y madera corta entre 10-20 por ciento, teniendo en cuenta estos rangos el rendimiento obtenido en el estudio se calificaría como regular.

La madera aserrada se procedió a clasificar en dos calidades y solo se reprocesó la calidad para optimizar el uso de la materia prima y obtener mayor cantidad de madera aserrada que la solicitada por el cliente. Resultando un rendimiento para madera aserrada en calidad 2CyM de 36.40 por, lo cual indica que para producir 154.33 pt de madera aserrada en calidad #2CyM se necesita 1 m³ de madera rolliza de tahuarí.

Se puede observar que el rendimiento obtenido para la calidad 2CyM es de 32.92 por ciento sin haber realizado la recuperación de la madera con calidad inferior. Como se puede observar, al incluir la madera aserrada recuperada el rendimiento mejora en un 4 por ciento con respecto a la calidad solicitada y

disminuye un 2 por ciento con respecto al rendimiento de aserrío obtenido inicialmente.

Se debe tener en cuenta que la madera de la especie tahuarí (*Tabebuia serratifolia*), presenta dificultad en el aserrío debido a su elevada densidad y dureza, lo cual se ve reflejado en la baja producción de madera aserrada, debido a que esta especie tiene la particularidad de acelerar el desgaste del filo de los elementos de corte (CNF, 1996). Así mismo, cabe indicar que los rendimientos en este estudio se determinaron bajo condiciones fijadas por las especificaciones del pedido de un cliente, y los criterios de clasificación de la madera aserrada empleados por la empresa.

5.2. Rendimientos de aserríos y coeficientes de conversión

En la presente investigación, el volumen de la madera en troza varió de 0,20 a 2,54 m³, la mayor proporción del volumen en ambas especies se encuentran 1,14 a 1,60 m³ con 44,4% y 33,3% respectivamente.

Gonzales, B. O. (2019), en una investigación a nivel de tesis de grado titulada Evaluación del rendimiento de madera aserrada de las especies almendrillo (*Dipteryx odorata* (Aublet) Willd.) y Mani (*Sterculia striata* St. Hil. & Naud.) en el Municipio de Ixiamas del Departamento de La Paz; menciona lo siguiente: Una vez procesada la madera se ha procedido a calcular los rendimientos de aserrío y los coeficientes de conversión obteniéndose los siguientes resultados: El diámetro promedio mayor para las 30 trozas es de 0.581 mts, para el diámetro promedio menor es de 0.510 mts y el largo promedio obtenido es de 7.44 mts. En consecuencia, el volumen total es de 54.91 m³r.

Mientras que para las 30 trozas de la especie almendrillo el diámetro mayor promedio es de 0.754 mts, para el diámetro menor promedio es de 0.704 mts y el largo promedio obtenido es de 5057mts. En tanto que el volumen total obtenido es de 72.98 m³r.

Para madera larga el rendimiento de aserrío es del 40.1 %, para madera corta es del 2.04 % y para madera recorta es del 1.21% haciendo un total del 43.35%. Para la empresa lo que le interesa dada las condiciones actuales del

mercado es el rendimiento obtenido para madera larga, en estas condiciones el 40.1% de la madera obtenida en cada troza tendría mayor probabilidad de ser comercializado en el mercado actual. Mientras que para la madera corta y recorta este mercado está limitado y en caso de lograr comercializar este producto los precios son bajos comparados con los de la madera larga.

En el caso de la especie almendrillo los resultados indican que el 43.94% corresponde a madera larga, el 5.86 % es madera corta y para madera recorta es del 2.97% haciendo un total del 52.77% de rendimiento. De manera similar al de la especie maní, existe mayor probabilidad de situar a la especie almendrillo en el mercado a través de la comercialización de madera larga, mientras que ara maderas corta y recorta esta posibilidad no son alentadoras.

El coeficiente de transformación se utiliza como una forma de estimar o convertir el volumen en madera en troza a madera aserrada expresada en pt. En el caso del maní de acuerdo al rendimiento de aserrío el coeficiente de transformación para madera larga es de 170.01 pt, para madera corta es del 8.62 pt y para madera recorta es del 5.12 pt haciendo un total del 183.75 pt.

En el caso de la especie almendrillo el coeficiente de transformación para madera larga es 186.32 pt, para madera corta es 24.84 pt y para madera recorta es 12.63 pt.

6. CONCLUSIONES

Los análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación, permiten efectuar las siguientes conclusiones:

- Las muestras presentaron diámetros en su mayoría por encima del rango mínimo de corta y un porcentaje menor inferiores al diámetro mínimo de corta, esto en la parte superior de la troza (diámetro menor). Esta característica influye en el aserrío por la cantidad elevada de sámago que presentan las muestras sujetas al estudio, disminuyendo en la longitud de las piezas obtenidas.
- Otros factores que influyen en el proceso de aserrío es que durante este trabajo se ha podido observar la presencia de fustes cónicos, disminuyendo considerablemente las medidas de diámetro mayor a menor. En consecuencia, este factor influye en la obtención de madera larga dando lugar a la producción de mayor cantidad en madera corta.
- La presencia de grietas y rajaduras en las trozas de las muestras también ha sido un factor que ha influido en los resultados, estas grietas y rajaduras aparecen debidos a factores climáticos como ser, precipitación y temperatura, sobre todo la dificultad de obtener madera aserrada de anchos mayores.
- La especie Almendrillo negro presentó las siguientes características en promedio: diámetro medio de 61,3 cm, largo 7,6 m, volumen de troza 2,775 m³, volumen en tablas 1,409 m³ y un factor de rendimiento de 51,1%. Mientras que la especie Tajibo presentó las siguientes características en promedio: diámetro medio de 64,6 cm, largo 7,8 m, volumen de troza 2,977 m³, volumen en tablas 1,318 m³ y un factor de rendimiento de 44,3%

7. RECOMENDACIONES

Por todo lo expuesto anteriormente, se recomienda:

- Realizar anualmente estudios de rendimientos para ajustar los coeficientes de conversión de tronca a madera aserrada, en diferentes especies para eliminar los sesgos del origen o zona de donde proviene la materia prima, teniendo en cuenta que hay zonas con alto índice de incendios que afectan el desarrollo fitosanitario de los árboles, zonas de madera con mucho sámagu, zonas de diámetros delgados, así como también existen zonas que producen madera de buena calidad.
- En caso de almacenamientos de periodos prolongados es importante prever aplicar algún proceso de preservación de la materia prima (tronca) como por ejemplo fumigaciones que permitan reducir los danos ocasionados por pudriciones u hongos.
- Aplicar procesos de preservación de productos resultante del aserrío (madera aserrada) especialmente para aquellos que no tenga mercado a corto plazo por ejemplo cuando se tratase de madera corta.
- Es necesario que esta experiencia de estudio de rendimientos permita al órgano fiscalizador, cuente con coeficientes de conversión confiables, que puedan ser utilizados como referencia para las empresas que realizan trámites administrativos en la autoridad de fiscalización y control social de bosques y tierra. (ABT)
- También es necesario mencionar que la empresa como tal, debería de implementar cursos de capacitación a los empleados, ya que se pudo evidenciar la falta de estabilidad de personal en los puestos laborales de la sala de transformación a madera simplemente aserrada, ya que del desempeño de los mencionados depende la calidad y rendimiento de la madera, también se recomienda implementar una maquina recuperadora y una máquina de carpintería para hacer una mayor recuperación y de ese modo elevar su rendimiento y minimizar la cantidad de desperdicios.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., & Sanhueza, R. (2003). Caracterización y Estandarización de productos, procesos y equipos en la Industria del aserrío. Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener los títulos de Ingeniero Civil. Concepción, Chile: Universidad del Bío Bío.
- Angulo, W., & Reyes, P. (2015). Calidad de sitio de cuatro especies forestales comerciales establecidas en el suelo degradado en el ámbito del bosque Alexander Von Humboldt. Pucallpa. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Bustamante, N. (2010). Aserrío y trabajabilidad de la madera. Guía de prácticas del curso aserrado de la madera. Lima, Perú: Facultad de Ciencias Forestales - UNALM. Cámara Nacional Forestal (CNF). (996). Utilización Industrial de nuevas especies forestales en el Perú. Informe final, I(37/38), Rev.3. Lima, Perú: Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT).
- Cassens, D., & Serrano, J. (2006). Control de calidad en compras de madera: clasificación de las maderas duras. Revista Forestal Kurú, 3(7), 1-13.
- Chávez, A., & Guillén, A. (1997). Estudio de rendimiento, tiempo y movimiento en el aserrío. Manual Práctico. Santa Cruz, Bolivia: Proyecto - BOLFOR.
- Del Castillo, J. (2018). Rendimiento y eficiencia en el aserrado de la madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth Hook "capirona" en Industrias MADEX E.I.R.L. Tesis de pregrado. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Flores, Y. (2010). Fichas para la identificación de 08 especies forestales de la Región Ucayali. 15-17. Pucallpa, Perú: INIA
- Gonzales, B. O, (2019). Evaluacion del rendimiento de madera aserrada de las especies almendrillo (*Dipteryx odorata* (Aublet) Willd.), MANI (*Sterculia striata* St. Hil. & Naud.) En el municipio de Ixiamas del departamento de La Paz. Tesis de grado presentado como requisito Parcial para optar el Título

- de Ingeniero Forestal y Maderera. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia.
- Huaycama, W. (2019). Rendimiento y costos de producción en la transformación de madera rolliza a madera aserrada de la especie yacushapana (*Terminalia oblonga*) en el aserradero Corporación Industrial Forestal SAC. Tesis de pregrado. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Moraes, R. (2013). Diagnóstico de una serraria de pequeño porte de *Eucalyptus spp.* No Estado do Mato Grosso do Sul. Curitiba, Brasil: Universidade Federal do Paraná.
- Pastor, G., & Limache, A. (1999). Efecto del diámetro y longitud de la estaca de *Tabebuia serratifolia* en dos sistemas de propagación. Revista Forestal de Ucayali, 1(1), 11-18.
- Portella, J. D. (2021). Rendimiento en aserrío de *Couratari guianensis* y *Tabebuia serratifolia* en la empresa forestal Otorongo S.A.C, Madre de Dios. Trabajo de suficiencia profesional para optar el título de Ingeniera Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú.
- Quirós, R., Chinchilla, O., & Gómez, M. (2005). Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. Agronomía Costarricense, 29(2), 7-15.
- Ruiz, J. (2018). Evaluación del rendimiento por grados de calidad de madera aserrada de las especies “andiroba” *Carapa guianensis* Aubl y “marupa” *Simarouba amara* Aubl en la empresa inversiones La Oroza S.R.L procedente de un bosque forestal certificado, Loreto - 2015. Tesis de pregrado. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Sanabria, C., & Serrano, R. (1993). Rendimiento en aserrío y posibilidades de uso industrial de las trozas del primer raleo de una plantación de laurel (*Cordia allidora* Ruiz & Pavon Oken). Tecnología en Marcha, 12(2), 37-42.
- Vasquez, G. (2014). Rendimiento por grados de calidad en el aserrío de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en aserradero AFRESAC- 2013.

Tesis de pregrado. Iquitos, Perú : Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

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