

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**VALORACIÓN ECONÓMICA DEL VOLUMEN MADERABLE DE TRES ESPECIES  
FORESTALES EN UNA PLANTACIÓN AGROFORESTAL DE SIETE AÑOS DE  
EDAD, SORITOR – SAN MARTÍN**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR:**

**SEGUNDO VICTOR ESTELA DELGADO**

**Tingo María – Perú**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 01-2023-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 20 de junio del 2022 a horas 10:00 a. m. a través de la Sala Virtual de Conferencias Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

**“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL VOLUMEN MADERABLE DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UNA PLANTACIÓN AGROFORESTAL DE SIETE AÑOS DE EDAD, SORITOR – SAN MARTÍN”**

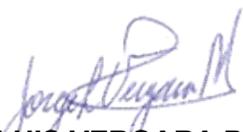
Presentado por el Bachiller: **SEGUNDO VICTOR ESTELA DELGADO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 19 de enero de 2023

  
Ing. Mg. Sc. **RICARDO OCHOA CUYA**  
PRESIDENTE



  
Ing. **JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**  
MIEMBRO

  
Ing. Mg. **WILFREDO TELLO ZEVALLOS**  
MIEMBRO

  
Ing. M.Sc. **JAIRO EDSON GUTIÉRREZ COLLAO**  
ASESOR

  
Ing. M.Sc. **DAVID PRUDENCIO QUISPE**  
JANAMPA



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL**  
(RIDUNAS)

Correo: [repositorio@unas.edu.pe](mailto:repositorio@unas.edu.pe)



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

**CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 010 - 2023 - CS-RIDUNAS**

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

**CERTIFICA QUE:**

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
VALORACIÓN ECONÓMICA DEL VOLUMEN MADERABLE DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UNA PLANTACIÓN AGROFORESTAL DE SIETE AÑOS DE EDAD, SORITOR – SAN MARTÍN	SEGUNDO VICTOR ESTELA DELGADO	<b>24%</b> <b>Veinticuatro</b>

Tingo María, 24 de enero de 2023

  
Mg. Ing. García Villegas, Christian  
Coordinador del Repositorio Institucional  
Digital (RIDUNAS)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**VALORACIÓN ECONÓMICA DEL VOLUMEN MADERABLE DE TRES ESPECIES  
FORESTALES EN UNA PLANTACIÓN AGROFORESTAL DE SIETE AÑOS DE  
EDAD, SORITOR – SAN MARTÍN**

<b>Autor</b>	: Segundo Víctor ESTELA DELGADO
<b>Asesor (es)</b>	: Mg. Sc. QUISPE JANAMPA, David Prudencio Mg. GUTIÉRREZ COLLAO, Jairo Edson
<b>Programa de investigación</b>	: Gestión de Bosques y Plantaciones Forestales
<b>Línea de investigación</b>	: Biodiversidad en Ecosistemas Forestales
<b>Eje temático</b>	: Valoración Forestal
<b>Lugar de ejecución</b>	: Soritor – San Martín
<b>Duración</b>	: 06 meses
<b>Financiamiento</b>	: Propio : S/. 5 980,00

**Tingo María – Perú**

**2022**

## REGISTRO DE TESIS CONDUCENTE AL TÍTULO UNIVERSITARIO

### I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

**Universidad** : Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Facultad** : Recursos Naturales Renovables  
**Escuela** : Escuela Profesional de Ingeniería forestal  
**Título de Tesis** : **VALORACIÓN ECONÓMICA DEL VOLUMEN MADERABLE DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UNA PLANTACIÓN AGROFORESTAL DE SIETE AÑOS DE EDAD, SORITOR – SAN MARTÍN**  
**Autor** : Bach. Segundo Víctor Estela Delgado  
DNI: 48254894  
Título conducente a: Ingeniero Forestal  
Año de sustentación y aprobación: 20-06-2022  
**Asesor** : M.Sc, David P. Quispe Janampa  
Mg. M.Sc. Jairo E Gutiérrez Collao  
**Programa de Investigación** : Gestión de Bosques y Plantaciones Forestales  
**Línea (s) de Investigación** : Biodiversidad en Ecosistemas Forestales  
**Eje temático de investigación** : Valoración Forestal  
**Lugar de Ejecución** : Soritor – San Martín  
**Duración** : Fecha de Inicio :  
Término :  
**Financiamiento** : S/. 5 980,00

  
-----  
Bach. Segundo Victor Estela Delgado

  
-----  
Ing. M.Sc. David Prudencio Quispe Janampa

  
-----  
Ing. M.Sc. Jairo Edson Gutiérrez Collao

## DEDICATORIA

*A Dios, por derramar inmensas bendiciones en el día a día, por brindarme salud, sabiduría y permitirme ser persona de bien.*

*A mis padres Víctor Estela Gálvez (que en paz descanse) y Elidia Delgado Pérez, por su amor, trabajo y sacrificio.*

*A mis hermanos Rojana, Deisy, Rosemiro, Alex Jander, Milagros, Melanio, Floresmiro y Wilinton, por estar siempre acompañándome y por su apoyo moral.*

*A mi novia María Esther Vallejos Lozano, por el apoyo incondicional y permanente.*

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, “alma máter” de mi formación profesional.
- A los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, quienes contribuyeron en mi formación académica.
- A los ingenieros David Prudencio Quispe Janampa y Jairo Edson Gutiérrez Collao, quienes en su calidad de asesores de Tesis, me orientaron oportunamente para el logro de los objetivos planteados y consecuentemente culminar exitosamente este trabajo.
- A los técnicos Leiden Fush Donaire, Mario Sosa Shapiama y Enrique Medina Estrada, por sus valiosos consejos y recomendaciones.
- A mis amigos Adrián Trinidad Ascencios, Luis Enrique Cárdenas Huamán, Percy Bovis Ricaldy, Arnold Ramírez Rodríguez y a todos aquellos que de una y otra forma contribuyeron para la culminación del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Plantación forestal .....	3
2.1.2. Diámetro de árboles.....	4
2.1.3. Volumen de árboles.....	5
2.1.4. Coeficiente de aprovechamiento .....	6
2.1.5. Valoración forestal .....	6
2.1.6. Valoración de árboles en pie .....	8
2.1.7. <i>Eucalyptus saligna</i> Smith.....	8
2.1.8. <i>Eucalyptus torrelliana</i> F. Muell .....	9
2.1.9. <i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz & Perry.....	9
2.2. Estado del arte .....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. Lugar de ejecución .....	12
3.2. Ubicación política.....	12
3.3. Ubicación geográfica.....	12
3.3.1. Mapa de ubicación.....	13
3.4. Características climáticas y zonas de vida.....	13
3.6.1. Material vegetativo.....	14
3.6.2. Materiales, herramientas y equipos de campo.....	14
3.7. Metodología.....	14
3.7.1. Población y muestra .....	14
3.7.2. Determinación del número de individuos por clase diamétrica .....	15
3.7.3. Cuantificación del volumen maderable .....	16
3.7.4. Determinación del valor económico del volumen maderable de los árboles en pie .....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. Determinación del número de individuos por clase diamétrica de <i>E. saligna</i> , <i>E. torrelliana</i> y <i>P. tecunumanii</i> en una plantación agroforestal.....	19

4.2. Cuantificación del volumen maderable de árboles en pie de <i>E. saligna</i> , <i>E. torreliana</i> y <i>P. tecunumanii</i> en una plantación agroforestal .....	21
4.3. Determinación del valor económico del volumen maderable de los árboles en pie de <i>E. saligna</i> , <i>E. torreliana</i> y <i>P. tecunumanii</i> en una plantación agroforestal .....	24
V. CONCLUSIONES .....	27
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	28
VII. REFERENCIAS .....	29
ANEXO .....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Ubicación geográfica de la plantación agroforestal .....	12
2. Número de individuos por clase diamétrica y por especie .....	19
3. Volumen comercial de árboles en pie de las tres especies .....	22
4. ANVA de un factor (especies) con respecto al volumen comercial en pie .....	23
5. Prueba de comparación de medias para el volumen en las diferentes especies .....	23
6. Valor económico del volumen maderable de las tres especies.....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación de la plantación agroforestal .....	13
2. Croquis de la parcela .....	16
3. Número de individuos por clase diamétrica y por especie .....	20
4. Volumen comercial de árboles en pie de las tres especies .....	22
5. Medición del distanciamiento entre especies .....	35
6. Medición de la circunferencia de un individuo de <i>E. saligna</i> .....	35
7. Medición de la circunferencia de un individuo de <i>P. tecunumanii</i> .....	36
8. Medición de la altura comercial de un individuo de <i>E. torreliana</i> .....	36
9. Medición de la altura comercial de un individuo de <i>P. tecunumanii</i> .....	37
10. Medición de la altura comercial de un individuo de <i>E. saligna</i> .....	37
11. Placa de codificación de un individuo de <i>E. saligna</i> .....	38
12. Tala de un individuo de <i>E. saligna</i> .....	38
13. Obtención de tortas para determinar la edad de los individuos.....	39
14. Tortas obtenidas para determinar la edad de los individuos.....	39
15. Trozas obtenidas para llevar al aserradero .....	40
16. Troza de <i>P. tecunumanii</i> en el aserradero.....	41
17. Medición de la longitud de una troza de <i>P. tecunumanii</i> .....	41
19. Troza de <i>P. tecunumanii</i> sin corteza.....	42
20. Retiro de los cantos de la troza.....	42
21. Obtención de una tabla comercial .....	43
22. Obtención del producto final (cinta).....	43
23. Informe de edad de las especies (parte 1).....	44
24. Informe de edad de las especies (parte 2).....	45

## RESUMEN

La valoración económica de la madera comercial es importante dado que nos permite optimizar su aprovechamiento a través de adecuadas decisiones, y de esta forma alcanzar el mayor bienestar posible garantizando la sostenibilidad. El objetivo del presente trabajo fue determinar el valor económico de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus torreliana* y *Pinus tecunumanii* procedentes de un sistema agroforestal. La investigación se efectuó en una plantación de una edad de siete años, ubicada en el distrito Soritor, región San Martín. Los resultados mostraron que, la clase diamétrica 30-39,9 cm es la predominante, seguido por la clase diamétrica de 20-29,9 cm. Asimismo, la especie *E. saligna* registra mayor número de individuos siendo 227, seguido por *E. torreliana* con 65 individuos y *P. tecunumanii* con 10 individuos. El volumen maderable fue de 50,032 m<sup>3</sup>; 9,590 m<sup>3</sup> y 2,116 m<sup>3</sup> para *E. saligna*, *E. torreliana* y *P. tecunumanii* correspondientemente. Finalmente, el valor económico real fue en el siguiente orden: *E. saligna* > *E. torreliana* > *P. tecunumanii*, siendo los valores de 12 216,66; 849,19 y 446,94 soles respectivamente.

Palabras clave: Valoración económica, volumen maderable, plantación agroforestal.

## ABSTRACT

The economic valuation of commercial wood is important since it allows us to optimize its use through appropriate decisions, and in this way achieve the greatest possible well-being, guaranteeing sustainability. The objective of this work was to determine the economic value of *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus torreliana* and *Pinus tecunumanii* from an agroforestry system. The research was carried out in a seven-year-old plantation, located in the Soritor district, San Martín region. The results showed that the 30-39.9 cm diameter class is the predominant one, followed by the 20-29.9 cm diameter class. Likewise, the species *E. saligna* registered the highest number of individuals, being 227, followed by *E. torreliana* with 65 individuals and *P. tecunumanii* with 10 individuals. The timber volume was 50,032 m<sup>3</sup>; 9,590 m<sup>3</sup> and 2,116 m<sup>3</sup> for *E. saligna*, *E. torreliana* and *P. tecunumanii* correspondingly. Finally, the real economic value was in the following order: *E. saligna* > *E. torreliana* > *P. tecunumanii*, with values of 12,216.66; 849.19 and 446.94 soles respectively.

Keywords: Economic valuation, timber volume, agroforestry plantation.

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo en la amazonia peruana se cuenta con plantaciones comerciales de rápido crecimiento, la importancia económica radica en el aprovechamiento maderable de estas; sin embargo, la mayoría de plantaciones no cuenta con un manejo adecuado, ni tienen practicas silviculturales, debido que no existe un valor presupuestal sobre la rentabilidad maderable que se podría generar, por lo cual en términos monetarios se desconoce si es posible invertir en actividades para la mejora del aprovechamiento de la madera a largo plazo.

Actualmente, para garantizar la sostenibilidad y lograr el mayor bienestar social posible, es indispensable aplicar conceptos y herramientas económicas en tomar decisiones acerca de optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales, esto a causa de la carencia de los mismos y por el progresivo interés para valorarlo.

En San Martin, se viene promoviendo el establecimiento de plantaciones de diversas especies forestales de eucalipto y de pino, por medio de proyectos, instituciones, ONGs, etc, sin embargo, hasta el día de hoy se cuenta con pocos estudios sobre la valoración económica de la madera que se está generando, lo que conlleva a un desconocimiento sobre el valor económico maderable de cada una de estas especies, ya que la mayoría de estas no vienen siendo manejadas correctamente, lo que se genera bajos rendimientos con respecto a la calidad y rendimiento de la madera. En relación al problema mencionado se formuló como interrogante ¿Cuál es el valor económico maderable de las tres especies de siete años de edad en la plantación agroforestal?, y como hipótesis se planteó que existe diferencia significativa entre el valor económico maderable de las tres especies forestales de siete años de edad en la plantación agroforestal, influenciado por el diámetro, altura comercial, calidad del fuste, etc.

El valor de la investigación tuvo como finalidad estimar y conocer el valor económico del volumen maderable de tres especies forestales de una edad de siete años, contribuyendo al conocimiento de especies de interés comercial de la zona, asegurando la rentabilidad de los productos, y difundiendo las posibilidades de diversificación de productos industriales, y esto aportara en la toma de decisiones, asimismo, que se elabore planes de manejo y aprovechamiento en plantaciones forestales para una mejor comercialización y utilización de la madera.

**1.1. Objetivo general:**

- Conocer el valor económico del volumen maderable de tres especies forestales de siete años de edad en una plantación agroforestal, en Soritor – San Martín.

**1.2. Objetivos específicos:**

- Determinar el número de individuos por clase diamétrica de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus torreliana* y *Pinus tecunumanii* en una plantación agroforestal.
- Cuantificar el volumen maderable de árboles en pie de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus torreliana* y *Pinus tecunumanii* en una plantación agroforestal.
- Determinar el valor económico del volumen maderable de los árboles en pie de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus torreliana* y *Pinus tecunumanii* en una plantación agroforestal.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. Plantación forestal

ADEFOR (1996) señala que a los bosques formados y manejados por el hombre se denomina plantación forestal; coincidiendo con METRO (1975) quien indica que plantar especies arbóreas con el fin de crear una masa boscosa, se denomina plantación forestal.

Si la plantación se establece en un área donde anteriormente no han existido bosques, se denomina forestación y cuando se establece sobre un área donde anteriormente hubo un bosque que ha sido aprovechado o destruido, se denomina reforestación (ADEFOR, 1996).

FAO (2006) estima que para el 2020, un porcentaje superior al 60 % del suministro maderable sostenible procederá de plantaciones forestales en América Latina y el Caribe, beneficiando la conservación de las masas boscosas naturales y reduciendo de 320 millones a 293 millones m<sup>3</sup>/anuales en el mismo período. El paso de las masas boscosas naturales a las plantaciones para el suministro maderable es producto del incremento de las prohibiciones para acceder a las masas boscosas naturales y a una mayor regulación en la gestión y aprovechamiento de los recursos naturales.

##### 2.1.1.1. Variables a evaluar en una plantación

Las variables evaluadas consideradas por Murillo y Camacho (1997), son las siguientes:

- La altura total: Se debe evaluar la calidad del crecimiento o incremento en altura a una determinada edad, y la altura al realizar la plantación en relación con el tamaño radicular.
- La presencia de cualquier manifestación fitosanitaria como: marchitamientos severos, exudados, herrumbres, perforaciones, etc. Existen tres categorías: 1 = Sano: plantón sin

manifestación fitosanitaria, y con aparente buena nutrición; 2 = Aceptablemente sano: plantón con cierta manifestación de problemas fitosanitarios, inferior al 50 % del follaje, que no le haya causado severas heridas o se ubique bajo un alto porcentaje de mortalidad; y 3 = Enfermo: plantones con rasgos de sanidad que perjudican el normal desarrollo de los plantones (pérdida del eje dominante; del follaje u otros impactos visibles en un porcentaje superior al 50 % del plantón; caída de ramas, herrumbres, chancros o pudriciones en el fuste, etc.

- El ángulo de inclinación que no debe superar los 30°. Dicha inclinación es la que registra el plantón en relación al eje vertical imaginario y debe considerarse todo el eje completo del plantón. Especies arbóreas inclinadas producirán gran cantidad de madera de reacción en la primera troza (madera con tensiones de crecimiento), que ocasionará pérdidas considerables en las etapas de aserrío y secado de la madera (Murillo et al., 1992). Las variables son: 1 = Recto: Con ángulo de inclinación igual o inferior a 30°; y 2 = Inclinado: Con ángulo de inclinación vertical mayor a 30°.

### **2.1.2. Diámetro de árboles**

Para López (2013) la forma sigmoideal es la que la mayoría de los árboles presentan de acuerdo al crecimiento acumulado del diámetro, aunque las fases del crecimiento no son tan notorias como en el crecimiento vertical. Asimismo, Imaña y Encinas (2008) añaden que, la curva sigmoideal está caracterizada por una fase concerniente a la edad juvenil, una fase de edad madura y una fase de edad senil (vieja). La fase juvenil está caracterizada por un rápido crecimiento mayormente del tipo exponencial. En la fase madura, el árbol generalmente registra períodos iguales con crecimientos rectilíneos. La fase vieja está caracterizada por un crecimiento casi insignificante, mostrando una asíntota de la curva.

El incremento en diámetro de los árboles podría referirse a una función de rendimiento que estime el diámetro futuro o como una función de crecimiento que suponga el incremento en una determinada etapa (López, 2003).

Por su parte, Elías (2015) menciona que, el crecimiento en diámetro se ve afectado en forma uniforme por las altas densidades de vegetación presentes en el sitio,

mientras que en densidades bajas o con amplios espacios ocurre un mejor crecimiento que se prolonga hasta el final de su vida, de un árbol o de rodales de edad uniforme.

Cuando un bosque tropical registra la forma de una “J” invertida, es porque la cantidad de árboles va decreciendo conforme incrementa el diámetro normal, e indica que es un bosque que no ha sido alterado (Louman et al., 2001).

### **2.1.3. Volumen de árboles**

Conforme a Malleux y Montenegro (1971) manifiestan que la forma de las especies arbóreas puede ser: cilíndrica, paraboloides apolínico, cono, o neloide. Pero son escasas las especies arbóreas que registren forma similar a los sólidos geométricos citados, lo cual sucede frecuentemente en especies del trópico que en coníferas de zonas templadas.

La totalidad de madera encontrada en una masa boscosa por unidad de superficie o área total se conoce como volumen total; mientras que cuando se descuentan los defectos inservibles se denomina volumen aprovechable (comercial) (Malleux, 1974 y COTESU, 1991).

Para obtener referencia acerca del aporte volumétrico de cada grupo de tamaños de especies arbóreas, en función a su diámetro, se obtienen datos de volumen relacionados a las clases diamétricas. El volumen se basa en dos parámetros: el tamaño mismo de los árboles (a mayor tamaño más volumen), y el número de árboles por clases diamétricas, presentándose una relación directamente proporcional (Frey, 1969).

Un problema importante en dendrometría e inventarios sucede al momento de estimar el volumen de los individuos arbóreos (Chechi et al., 2005). Generalmente, el volumen arbóreo se determina basándose en las variables altura total o altura del fuste hasta su bifurcación, diámetro a la altura del pecho, y alguna expresión de la forma del fuste (Prodán et al., 1997). La obtención de fórmulas de volumen para cada diámetro mayor límite en función del diámetro a 1,30 m y la altura total permiten lograr estimaciones de volumen comercial (Pecé De Ríos, 1994).

#### **2.1.4. Coeficiente de aprovechamiento**

El coeficiente de aprovechamiento o también denominado rendimiento, de acuerdo a Quiros (1990), está referido a la proporción entre volumen rollizo (trozas) y el volumen aserrado y que es un indicador de la tasa de utilización en el aserrío.

El coeficiente de aserrío determina el volumen aserrado en medidas comerciales resultantes de un volumen de madera rolliza determinada, los cuales permiten alcanzar beneficios superiores de la materia prima y alcanzar mayor productividad (Rodríguez, 2007).

En otra parte, Meza (2010) indica que, en el aserrío, el diámetro rollizo es de las características de mayor incidencia, demostrando que en la medida a mayor diámetro incrementa el rendimiento de las trozas.

Además, Gustavo (2005) añade que un factor crítico que determina el rendimiento es el diámetro; la forma está en función a la especie, al sitio, a las plagas y al tratamiento silvicultural aplicada durante el crecimiento; asimismo, también está influenciado por el espesor de corte, la variación en el aserrado y los patrones de corte.

#### **2.1.5. Valoración forestal**

Toledo (1998) menciona que la suma de los montos que los individuos están dispuestos a pagar (reflejando sus preferencias individuales) por el uso adecuado de un recurso se define como valor económico de un recurso natural; por tanto, se concluye que es la medida monetaria por las preferencias de los individuos.

En consecuencia, Heal (1999) sugiere que, para determinar los costos y su estructura, así como los beneficios es importante aplicar la valoración económica, debido a que se han utilizado para mostrar la dominancia de los elementos de servicio en la masa boscosa. No obstante, los estudios de valoración deberían centrarse a los valores por familia.

Al respecto, King y Mazzotta (2000) sugieren que, la valoración de los ecosistemas forestales puede ser muy ardua y tediosa. Sin embargo, para lograr ventajas en la

asignación de recursos, los organismos a cargo de la protección y gestión de recursos naturales deben tomar menudamente decisiones difíciles de gastos. Por tal motivo, para proporcionar una forma justificada y fijar las prioridades para los programas, políticas o acciones que protejan y restauren los ecosistemas y sus servicios, es útil e indispensable la valoración económica.

A su vez, Jager et al. (2001), precisa que para estimar el valor de los recursos forestales, debe contemplarse la existencia de dimensiones de análisis complementarias y diversas. En tal sentido, el valor de los bienes y servicios ambientales abarca más de una dimensión y no todas se pueden expresar en dinero.

El mismo autor indica que los beneficios que producen los recursos forestales (madera, semillas, frutos, fauna; entre otros; o también recreación, turismo, investigación; entre otros) se consideran como valor económico de uso directo. Con relación a estos bienes, en la mayoría de los casos no existen mercados o son incipientes. Por otro lado, como valor de uso no directo se consideran los valores que derivan de las funciones ecosistémicas de la masa boscosa, conocidos como servicios ambientales, tales como: protección edáfica, captación y retención de carbono, provisión de agua reciclado de nutrientes; entre otros.

Gregersen et al. (1997) afirma que los valores de mercado se establecen a partir del intercambio de bienes, considerándose precio de mercado cuando la transacción se efectúa utilizando una forma de moneda; o valor de cambio de mercado cuando la transacción se realiza a través de una forma de trueque o intercambio.

Murillo et al. (2004), a través de valores reales (edad, calidad, volumen, y especie) y valores de mercado (ajusta el valor real en base a siete parámetros) plantea una metodología para valorar económicamente a las plantaciones forestales en pie. Los siete parámetros que definen el potencial de aprovechamiento y transporte del producto de plantación, son: escala de la plantación, topografía y pendiente, distancia al sitio de transformación, acceso a la plantación dentro de la finca, malezas, pedregosidad y densidad de la plantación.

Sención (2002) indica que dentro de la valoración directa (emplean precios de mercado y/o sombra) y no directa (no emplean precios de mercado), se incluyen los métodos de valoración económica de beneficios y costos no directos de las funciones del bosque que

no son considerados dentro de un mercado. Además, estas valoraciones permiten aproximar el valor económico y calcular los beneficios y costos suscitados por los efectos provocados por determinado uso. Los métodos directos consideran el método de cambio en productividad, costo de remplazo, costo de sustitución, pérdida de ingresos, costo efectividad, costo de oportunidad y costos preventivos; mientras que dentro de los métodos indirectos encontramos a los métodos de valoración contingente, costo de viaje y todos los métodos de valoración hipotética.

#### **2.1.6. Valoración de árboles en pie**

Caballer (1999) afirma que al aceptar el supuesto de que el valor de una plantación, no incluyendo el valor de la tierra, tiene relación con la cantidad de árboles que lo componen, se podría implementar la tasación de un árbol o grupo reducido, siempre y cuando la plantación sea uniforme. Por ende, al dividir el valor de la plantación entre la cantidad de individuos arbóreos se obtendría el valor unitario por árbol, y al multiplicarlo por la cantidad de árboles que se trata valorar se obtendría el valor de los mismos.

Los individuos arbóreos dispersos son aquellos individuos que el productor ha plantado o retenido deliberadamente en el interior de una superficie agrícola o ganadera y se han dejado cuando se limpia o se prepara un área para proveer un beneficio de interés del productor tales como: sombra, alimentos para los animales y generar ingresos (Pérez, 2006). Las densidades utilizadas están en función directa del manejo y de las condiciones biofísicas y socioeconómicas de los productores que instalan las plantaciones (Villanueva, 2003).

#### **2.1.7. *Eucalyptus saligna* Smith**

Murillo (1985), señala que el nombre científico de este eucalipto es *Eucalyptus saligna* Smith y que pertenece a la familia MYRTACEAE. Comúnmente se le conoce como eucalipto azul de abundante goma. El árbol logra una altura hasta de 60 m y un diámetro de 1,50 m. Presenta tronco recto y cilíndrico.

El mismo autor señala que el *E. saligna*, en los mejores sitios, logra incrementos medios anuales en altura desde 3,9 metros hasta 4,3 metros, mientras que en diámetros los incrementos son de 3,6 a 4,1 centímetros por año. En lugares de crecimiento

bajo, el incremento en diámetro oscila entre 0,6 y 1,2 centímetros por año, en tanto que en altura varía desde 0,4 hasta 1,2 metros por año. En sitios catalogados como de rendimiento medio, el diámetro se incrementa entre 1,9 y 3,3 centímetros/año y la altura entre 2,1 y 3,5 metros por año.

Asimismo, indica que esta madera presenta los siguientes usos actuales: cajonería, elaboración de pulpa para papel, postes, puntales para minas, pisos, ebanistería, muebles, embarcaciones, marcos para puertas y ventanas. También presenta usos potenciales como: construcción de interiores, tableros prensados, parquet, madera para construcción, carbón y chapas desenrolladas.

#### **2.1.8. *Eucalyptus torreliana* F. Muell**

El *Eucalyptus torreliana* F. Muell “eucalipto”, es una especie perteneciente a la familia MYRTACEAE. En Australia los individuos arbóreos logran alcanzar hasta 30 m de altura y registran una densa copa. La corteza de los árboles es sub-fibrosa en la parte basal y teselada. Las hojas jóvenes se disponen opuestamente al inicio, peltadas y con cortos pecíolos; cuando existe el talluelo es veloso minutamente; luego las hojas son lanceoladas, anchas a casi orbiculares con pedicelo veloso. Las hojas adultas tienen disposición alterna, pecioladas y ovals (De La Lama, 1976).

En la Provincia de Oxapampa, se realizaron plantaciones forestales con *Pinus tecunumanii*, *Pinus radiata*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus torreliana*, *Nageia rospigliosii*, *Podocarpus rospigliosii* y *Coffea arábica* por el Comité de Reforestación Selva Central; se dio vital importancia al distanciamiento, el cual varió desde 3 x 3 m hasta 5 x 5 m y al tipo de tecnología aplicada en la forma de la plantación, no se consideró la variación del tamaño de los hoyos. Cabe recalcar que no han registrado datos de crecimiento en esta especie (CIFOR, 2003).

#### **2.1.9. *Pinus tecunumanii* Eguluz & Perry**

Eguluz (1983), señala que el nombre científico de este pino es *Pinus tecunumanii* Eguluz & Perry y que pertenece a la familia PINACEAE. El *P. tecunumanii* ha sido plantado en varios países tropicales y subtropicales, inicialmente en ensayos de

adaptación y evaluación de procedencias y progenies. Los países con los grandes programas de evaluación son Australia, Zimbabwe, Venezuela, Brasil, Malawi, Colombia, Sur África. El mismo autor añade que esta especie presenta individuos arbóreos con 40 a 55 m de alturas y 50 cm a 1,20 m de diámetros. Registra tronco recto, libre de ramas hasta un 40 a 60 % de su altura; ramas verticiladas y extendidas, cortas, naturalmente delgadas, y con escamas decurrentes de color café canela a verdosas; copa piramidal y rala. La corteza es café rojiza en la parte basal, con placas diminutas separadas por fisuras de poca profundidad, de 2 a 5 cm de espesor a 1,30 m de altura.

## 2.2. Estado del arte

Según Sánchez (2019) al estudiar una plantación de *Pinus patula*, de la comunidad campesina de Cumbico, en el departamento de Cajamarca, el objetivo fue estudiar la valoración económica de la madera en pie, donde los resultados al realizar una valoración económica de madera en pie, se obtuvo un volumen comercial aprovechable de 248 m<sup>3</sup> por hectárea, teniendo un valor de 151 S/ por m<sup>3</sup> de la madera en pie.

Por su parte, Pacheco et al. (2017) Realizaron una investigación de valoración financiera de una plantación de *P. patula*, para lo cual se evaluaron variables dasométricas como el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, altura comercial, calidad de fuste (bifurcaciones, inclinación, presencia o ausencia de ramas), donde los resultados mostraron que el volumen de la plantación y el valor económico en pie, comparativamente bajos, ya que el rendimiento del volumen fue de 121,98 m<sup>3</sup>/ha. Donde el volumen obtenido, el 98,75% pertenecen a trozas de calidad dos 52,97 m<sup>3</sup> /ha - 246 trozas y tres 67,49 m<sup>3</sup> /ha – 310 trozas que representa una plantación de calidad media. Por otra parte, el valor real de mercado de la madera de acuerdo a la zona de estudio fue de 3 217 dólares por hectárea.

Ruíz (2015), a través del inventario de plantaciones de "tornillo" de 6, 17, 27, 34 y 43 años de edad, y evaluando variables tales como: altura comercial, diámetro a la altura del pecho, calidad de fuste y el distanciamiento de los árboles; obtuvo como resultados valores superiores en la madera de plantaciones de mayor edad, con promedios que oscilan entre 9 975,26 \$/ha, 44 716,61 \$/ha, 60 061,88 \$/ha, 115 636,76 \$/ha y 126 676,87 \$/ha en edades de 6, 17, 27, 34 y 43 años respectivamente. El volumen comercial total aumentan en proporción

a la edad, con valores de 261,82 m<sup>3</sup>/ha (seis años), 977,40 m<sup>3</sup>/ha (17 años), 1 320,12 m<sup>3</sup>/ha (27 años), 2 453,14 m<sup>3</sup>/ha (34 años) y 2 746,72 m<sup>3</sup>/ha (43 años). El volumen comercial aprovechable se incrementa en relación a la edad, con valores de 151,85 m<sup>3</sup>/ha (seis años), 566,89 m<sup>3</sup>/ha (17 años), 765,67 m<sup>3</sup>/ha (27 años), 1 422,82 m<sup>3</sup>/ha (34 años) y 1 593,10 m<sup>3</sup>/ha (43 años).

Babilonia (2015), empleando la metodología de inventario de plantaciones, y evaluando las variables: altura comercial, diámetro a la altura del pecho, calidad del fuste y el distanciamiento de los árboles; obtuvo como valores superiores en la madera de plantaciones de mayor edad, con promedios que varían de 2 322 \$/ha (seis años), 57 612 \$/ha (17 años), 263 717 \$/ha (27 años), 172 042 \$/ha (35 años), 415 555 \$/ha (43 años), 763 140 \$/ha (44 años). El volumen comercial total registran un valor de 0,061 m<sup>3</sup>/ha (seis años), 1,259 m<sup>3</sup>/ha (17 años), 5,796 m<sup>3</sup>/ha (27 años), 3,613 m<sup>3</sup>/ha (35 años), 8,725 m<sup>3</sup>/ha (43 años) y 16,024 m<sup>3</sup>/ha (44 años). El volumen comercial aprovechable presentan un valor de 0,035 m<sup>3</sup>/ha (seis años), 0,730 m<sup>3</sup>/ha (17 años), 3,362 m<sup>3</sup>/ha (27 años), 2,095, m<sup>3</sup>/ha (35 años), 5,061 m<sup>3</sup>/ha (43 años) y 9,294 m<sup>3</sup>/ha (44 años).

Pérez (2013) al estudiar el estado económico de las especies forestales con fines de aprovechamiento esto se llevó a cabo en un bosque húmedo tropical, para lo cual se estudió a 60 especies maderables donde se estimó el volumen del árbol en pie, para la valoración económica de la madera se utilizaron métodos de valor residual y cambios en la productividad, donde los resultados dieron que: la especie *Dipteryx micrantha* (shihuahuaco) fue más rentable con 190,65 soles por m<sup>3</sup>,

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

La investigación se efectuó en una plantación agroforestal con tres especies forestales, las cuales fueron: *E. saligna*, *E. torreliana* y *P. tecunumanii*, de siete años de edad, ubicada en el distrito Soritor.

Dicha plantación se encuentra, entre la vertiente oriental de la cordillera de los andes y el llano amazónico (parte septentrional del Perú), perteneciente a la provincia Moyobamba, región San Martín, la cual se sitúa en la parte Nor Oeste y al Sur del valle del Alto Mayo.

#### 3.2. Ubicación política

La ubicación política de la plantación agroforestal con las tres especies fue la siguiente:

Región : San Martín.

Provincia : Moyobamba.

Distrito : Soritor.

#### 3.3. Ubicación geográfica

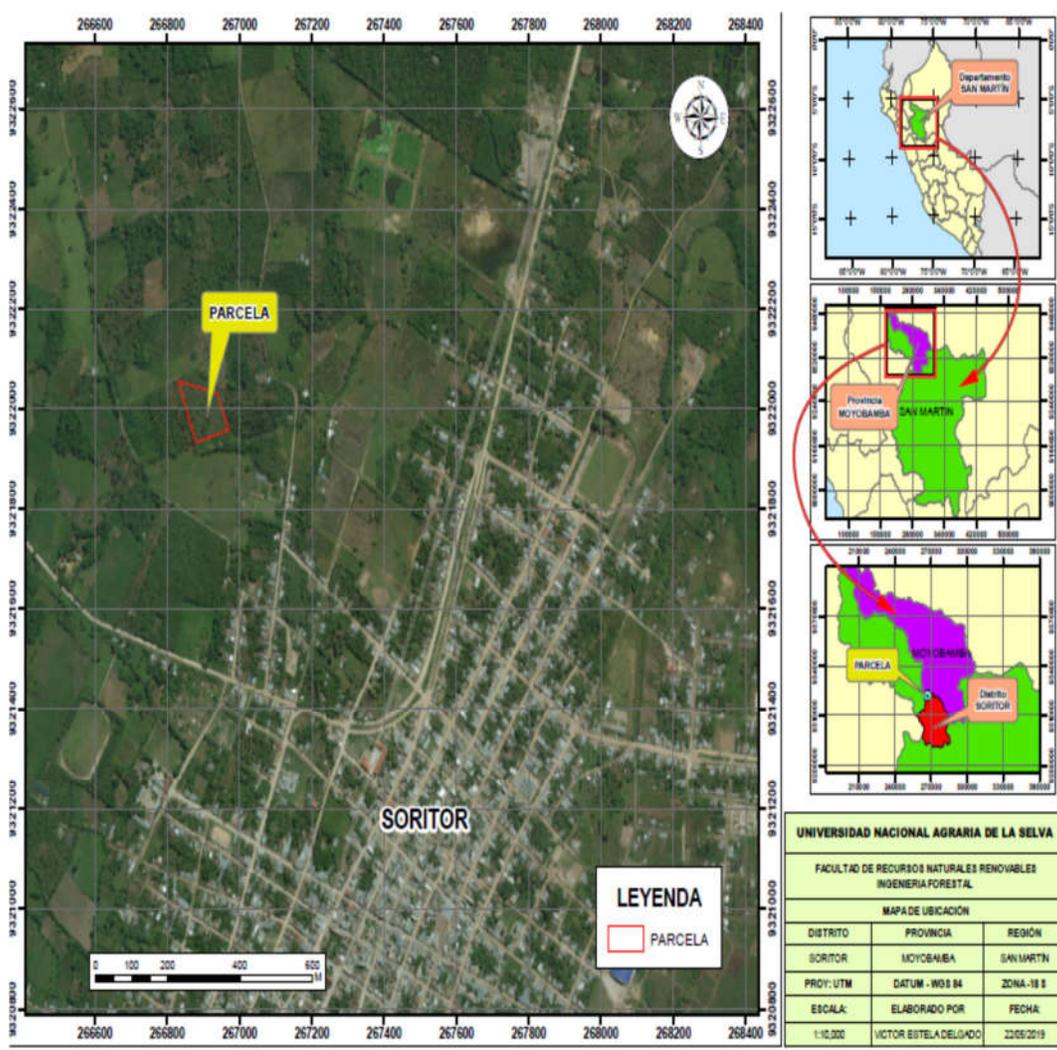
En la **Tabla 1** se observa las coordenadas geográficas de la plantación agroforestal (zona 18 S WGS 84).

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de la plantación agroforestal

Punto	Latitud	Longitud
1	06°08'14" Sur	77°07'00" Oeste

### 3.3.1. Mapa de ubicación

En la **Figura 1** se observa el mapa de ubicación de la plantación agroforestal.



**Figura 1.** Ubicación de la plantación agroforestal

### 3.4. Características climáticas y zonas de vida

El distrito Soritor posee tierras de cálido a templado, con temperatura que oscila entre 14,5° a 25° C, una precipitación anual que oscila entre 500 a 4 000 mm, situadas a altitudes entre 500 a 3 500 m.s.n.m.

### 3.5. Componentes del sistema agroforestal

La plantación agroforestal está asociada con especies como: *Coffea arábica* “café”, *Eucalyptus saligna* “eucalipto”, *E. torreliana*, *Pinus tecunumanii* “pino” y regeneración natural de *Jacaranda copaia* “huamanzamana”.

### 3.6. Materiales y equipos

#### 3.6.1. Material vegetativo

- Árboles de *E. saligna*, *E. torreliana* y *P. tecunumanii*.

#### 3.6.2. Materiales, herramientas y equipos de campo

Se empleó una wincha de 30 m para delimitar el área en el cual se realizó la investigación; cinta métrica para medir la circunferencia de los árboles; libreta de campo para anotar todas las actividades que se realizaron en campo; etiquetas que fueron colocadas en los árboles; plumón indeleble para escribir en el tablero de marcadores de etiquetas de codificación de plantas; machete para limpiar el área de investigación; clinómetro Suunto, para determinar las alturas de los árboles; GPS, para ubicar la plantación y una cámara fotográfica para captar imágenes de las actividades.

### 3.7. Metodología

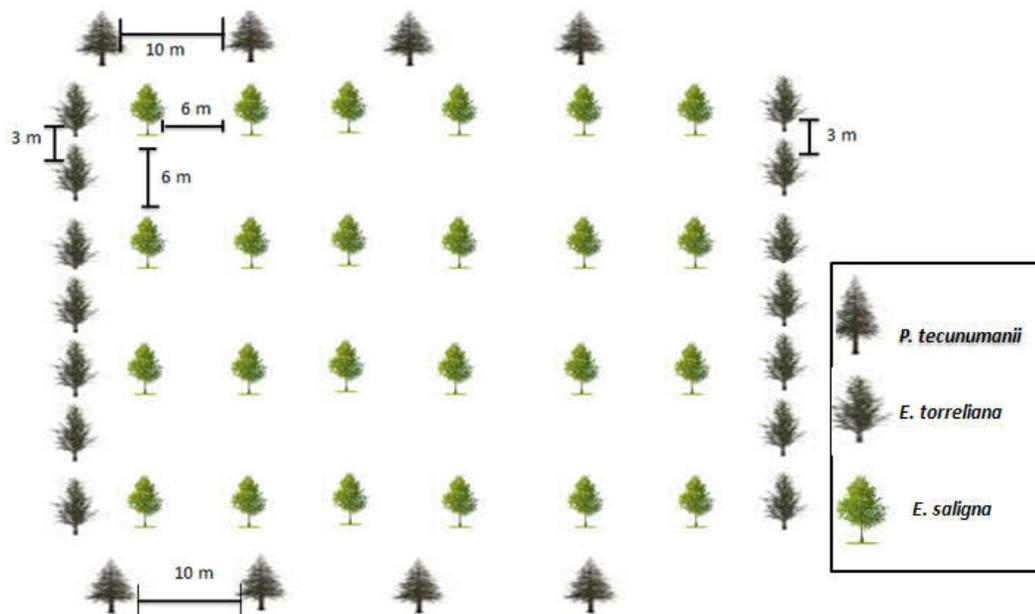
#### 3.7.1. Población y muestra

La población estuvo compuesta por todos los individuos de *E. saligna*, *E. torreliana* y *P. tecunumanii*, las cuales registraron siete años de edad, de acuerdo al Informe N° 008-2020-ESM/LD-FCFA (**Anexo 1, Figura 25 y 26**). La evaluación fue del 100% de los individuos para la estimación del volumen de árboles en pie.

### 3.7.2. Determinación del número de individuos por clase diamétrica

Se procedió a realizar el inventario de la plantación agroforestal (**Figura 2**), la cual se registró en un área de 1,05 ha. Para la recopilación de datos que nos permitieron determinar el volumen maderable. Se enumeraron y codificaron las plantas ordenadamente, considerando el número de la parcela y el número de planta. En seguida, se midió el diámetro a 1,30 m desde el suelo (DAP) de cada planta, de acuerdo con las características morfológicas que presentaba cada planta (**Figura 10, Anexo 1**). Además, se tuvo en cuenta la calidad de fuste y la altura comercial, la cual se midió hasta donde el fuste presentaba condiciones para su aprovechamiento. Finalmente se georreferenciaron todas las plantas codificadas y cada dato se registró en la libreta de campo. La distribución del número de individuos se realizó tomando como base el diámetro a la altura del pecho (D.A.P.) en clases diamétricas de 10 cm por categorías.

El número de individuos por área estuvo en función al distanciamiento entre individuos (**Figura 8, Anexo 1**). En el caso de *E. saligna*, el distanciamiento es de 6 x 6 m, el de *E. torreliana*, el distanciamiento es de 3 m lineales (corta viento), mientras que el distanciamiento en *P. tecunumanii* es de 10 x 10 m. La determinación del número de individuos arbóreos por clase diamétrica fue de utilidad para la selección de los individuos a talar con la finalidad de determinar el coeficiente de aprovechamiento.



**Figura 2.** Croquis de la parcela

### 3.7.3. Cuantificación del volumen maderable

En primer lugar, se determinó el volumen comercial total en pie de cada individuo de las plantaciones a partir del área basal, la altura comercial y el factor de forma mediante la Ecuación (1) propuesta por Kometter y Maraví (Kometter y Maraví, 2007).

$$VCT = AB \times ff \times Hc \quad (1)$$

Dónde:

VCT : Volumen comercial total (m<sup>3</sup>).

AB : Área basal (m<sup>2</sup>).

ff : Factor de forma (0,65).

Hc : Altura comercial (m).

El coeficiente de rendimiento (CR), se tomó el rendimiento referencial reportado por la autoridad forestal nacional:

$$CR = \frac{220}{424} = 0.519 \quad (2)$$

El volumen maderable de los individuos arbóreos en pie en base al volumen comercial total, para el cual, se empleó el coeficiente de rendimiento que indicó el volumen real que se extrajo, lo cual asumió los desperdicios de madera por aserrío y cubicación. Para estimar el volumen comercial aprovechable, se empleó la siguiente Ecuación (3) según (Campos y Chuquicaja, 1988).

$$VCA = VCT \times CR \quad (3)$$

Dónde:

VCA : Volumen comercial maderable (m<sup>3</sup>).

VCT : Volumen comercial total (m<sup>3</sup>).

CR : Coeficiente de rendimiento (depende de la especie).

#### **3.7.4. Determinación del valor económico del volumen maderable de los árboles en pie**

Se determinaron otras variables además del volumen como la especie, la calidad y la edad de la plantación. Luego se siguieron los siguientes pasos.

- Se determinó el valor real inicial de la plantación según su distribución de volumen comercial aprovechable en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y el precio de la madera por especie en el mercado (Murillo et al., 2004). Para establecer el precio actual de mercado por pie tablar de la madera de *E. saligna*, *E. torreliana* y *P. tecunumanii*, se consultaron en diversos aserraderos de la ciudad, los cuales, mencionaron que el precio por pie tablar de *E. saligna* es de S/. 1,40; el de *E. torreliana* es de S/. 1,10; mientras que el de *P. tecunumanii* es de S/. 1,20. Entonces se encontró el valor real inicial con la siguiente Ecuación (6):

$$\text{VRI} = V \times \text{PM} \quad (4)$$

Dónde:

VRI : Valor real inicial (S/).

V : Volumen (pt).

PM : Precio de mercado (S/).

- Se determinó el valor real en base a la calidad, para ello, se ajustó el valor real inicial por el valor de categoría de calidad de cada individuo. La “calidad 1”: el fuste es completamente recto, tiene ausencia de plagas y enfermedades, heridas. La “calidad 2”: el fuste es aceptablemente recto o aserrable, y presencia de muchas ramas. La “calidad 3”: el fuste tiene torceduras severas, heridas en el fuste y presencia de plagas y enfermedades (Murillo et al., 2004):

$$\text{Calidad 1} = \text{VRI} \times 1.0 \quad (5)$$

$$\text{Calidad 2} = \text{VRI} \times 0.9 \quad (6)$$

$$\text{Calidad 3} = \text{VRI} \times 0.8 \quad (7)$$

- Se determinó el valor real en base a la edad, se ajustó el valor económico real según la calidad de individuos por el valor de la categoría de edad de la plantación, posteriormente se sumaron todos los valores generados según (Murillo et al., 2004). De acuerdo al análisis dendrocronológico, los individuos tenían siete años de edad.

–

$$\text{Valor real inicial por calidad} \times 0.8 = < \text{a 8 años de edad.} \quad (8)$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Determinación del número de individuos por clase diamétrica de *E. saligna*, *E. torreliana* y *P. tecunumanii* en una plantación agroforestal

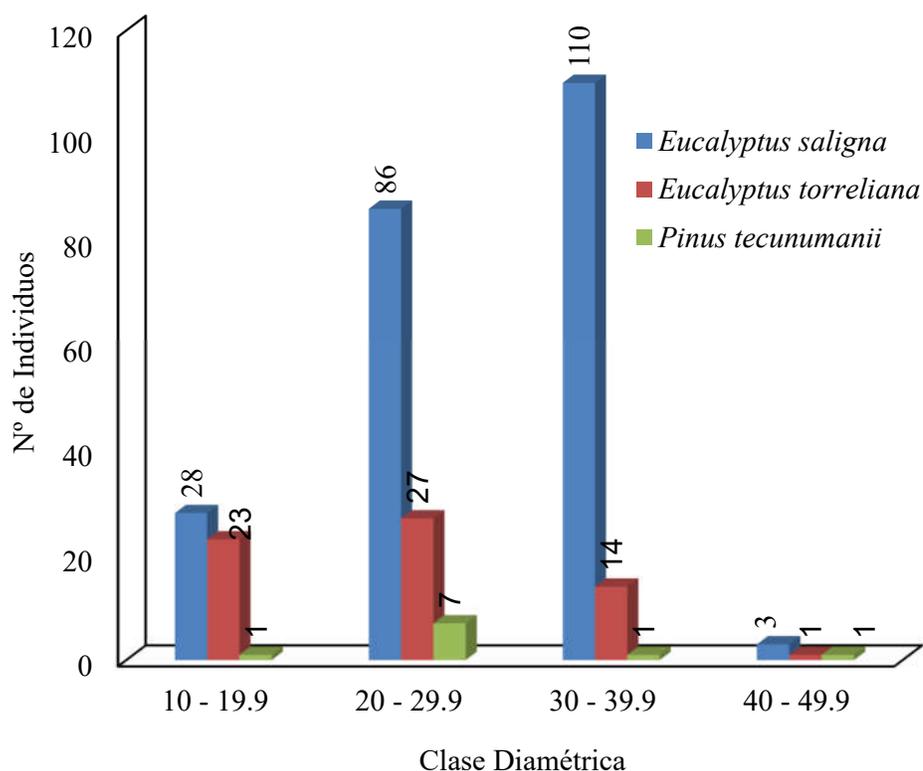
Del inventario realizado en la plantación agroforestal podemos observar que, de los 302 individuos registrados en total, el 75,2% pertenece a la especie *E. saligna*, el 21,5% pertenece a la especie *E. torreliana* y el 3,3% pertenece a la especie *P. tecunumanii*. Asimismo, con respecto a las clases diamétricas, el 41,4% se encuentra en el rango de 30 a 39,9 cm de diámetro, los cuales dentro de unos meses ya se encontrarán en condiciones para ser talados; el 39,7% se encuentra entre 20 a 29,9 cm; el 17,2% se encuentra aún entre los 10 y 19,9 cm y solo el 1,7% se encontraba entre 40 a 49,9 cm de diámetro, es decir, en condiciones de ser talados (**Tabla 2** y **Figura 3**). Por esta razón, en el presente trabajo de investigación (respecto a la determinación del coeficiente de rendimiento) se tomó como referencia el CR establecido por la autoridad forestal nacional (SERFOR), dado que era imposible muestrear un número de árboles representativo estadísticamente por la limitante del diámetro mínimo de corta (DMC). Cabe recalcar que, para determinar el coeficiente de rendimiento, algunos autores recomiendan la tumba de 25 o 100 árboles; sin embargo, por temas de diámetros y por la poca cantidad de individuos de *E. torreliana* y *P. tecunumanii* no se pudo obtener un coeficiente de aprovechamiento adecuado.

**Tabla 2.** Número de individuos por clase diamétrica y por especie

Especie	Clase Diamétrica (cm)				Total
	10 – 19,9	20 – 29,9	30 – 39,9	40 – 49,9	
<i>E. saligna</i>	28	86	110	3	227
<i>E. torreliana</i>	23	27	14	1	65
<i>P. tecunumanii</i>	1	7	1	1	10
Total	52	120	125	5	302

La distribución del número de individuos de las especies estudiadas disminuye conforme aumenta el diámetro, corroborando lo indicado por Louman y otros (Louman et al., 2001), señalando que la distribución total del número de árboles por clases diamétricas de cualquier tipo de bosque tropical no alterado presenta la forma de un “J” invertida.

Los individuos de las tres especies estudiadas se encuentran en edad juvenil, porque de acuerdo a Imaña y Encinas (2008), la edad juvenil se caracteriza por un crecimiento rápido muchas veces del tipo exponencial. Además, para obtener buenos crecimientos, se necesita de buena calidad de sitio; así como también, de bajas densidades o espacios amplios (Elías, 2015).



**Figura 3.** Número de individuos por clase diamétrica y por especie

La calidad de sitio de la plantación agroforestal es buena para el crecimiento de *E. saligna* debido a que, de los 227 individuos evaluados, 110 presentan diámetros entre 30 a 39,9 cm, datos superiores a lo registrado por Murillo (1985), quien señala que el *E. saligna*, en los mejores sitios, logra incrementos medios anuales en diámetro de 3,6 a 4,1 cm/año, los

cuales, proyectados a siete años de edad, los resultados arrojarían diámetros entre 25,2 a 28,7 cm.

Con respecto a *E. torreliana*, no se puede calificar la calidad de sitio de la plantación, debido a que no existe referencia bibliográfica acerca de los incrementos anuales en diámetros; sin embargo, el 41,5% se encuentra entre 20 a 29,9 cm de diámetro, los cuales, indican incrementos promedios de 3,5 a 4 cm/año.

En relación al *P. tecunumanii*, tampoco se puede calificar la calidad de sitio por la falta de información dasométrica de la especie; sin embargo, se podría deducir que, la especie se encuentra próxima a entrar a la edad madura, debido a que Eguiluz (Eguiluz, 1983) indica que la especie presenta diámetros de 50 a 120 cm.

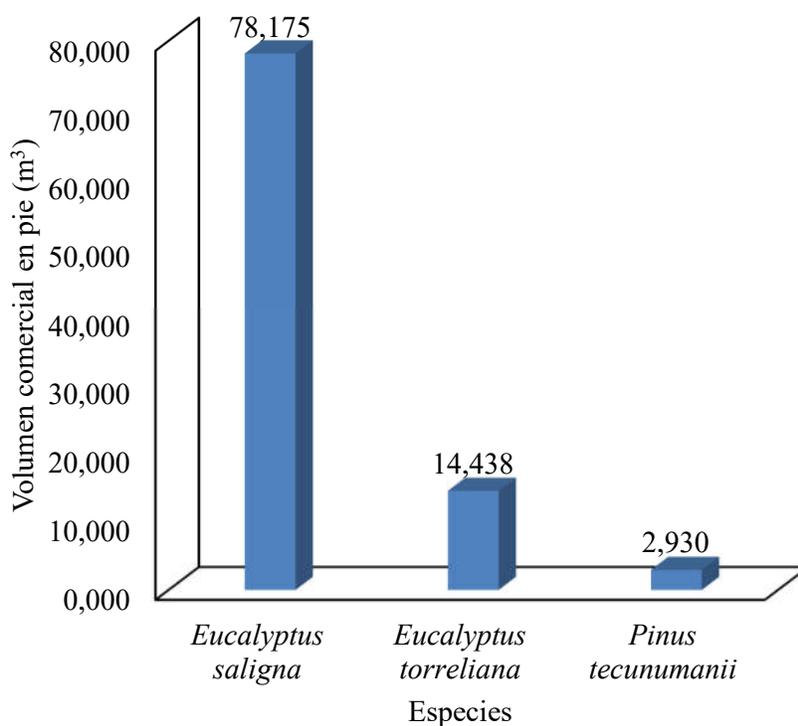
#### **4.2. Cuantificación del volumen maderable de árboles en pie de *E. saligna*, *E. torreliana* y *P. tecunumanii* en una plantación agroforestal**

De los registros dasométricos obtenidos por especie, en la **Tabla 3** y **Figura 4**, se observa que el 81,8% del volumen comercial de árboles en pie cuantificado corresponde a *E. saligna*, el 15,1% del volumen comercial corresponde a *E. torreliana*, mientras que el 3,1% del volumen comercial corresponde a *P. tecunumanii*.

Estos valores, están influenciados por el número de individuos que presenta cada especie, en el cual, la diferencia entre el número de individuos de *E. saligna* con el número de individuos de *E. torreliana*, es de 71,4%; mientras que con el número de individuos de *P. tecunumanii*, es de 95,6%. Asimismo, cabe añadir que, del total de los individuos de *E. saligna*, el 81,5% registra una altura que oscila entre 5 a 10 m, y el 12,8% supera los 10 m de altura; mientras que las alturas de los individuos de las otras dos especies oscilan entre 5 a 10 m y ningún individuo supera los 10 m de altura comercial.

**Tabla 3.** Volumen comercial de árboles en pie de las tres especies

Especie	N	Media	D.E	E.E	C.V	Min	Max	Total
<i>E.saligna</i>	227	0,34	0.19	0,01	55,43	0,03	1,15	78,175
<i>E. Torreliana</i>	65	0,22	0,15	0,02	65,84	0,05	0,81	14,438
<i>P.tecunumanii</i>	10	0,29	0,15	0,05	50,54	0,08	0,56	2,930
Total								95,543

**Figura 4.** Volumen comercial de árboles en pie de las tres especies

En la **Tabla 4**, se muestra el análisis de varianza (ANVA) para un factor en estudio (especies), donde se registró diferencias altamente significativas, lo cual indica que una especie es diferente al otro con respecto al volumen comercial.

**Tabla 4.** ANVA de un factor (especies) con respecto al volumen comercial en pie

F.V	GL	SC	CM	F	p-valor
Especies	2	0,76	0,38	11,6	0,0001
Error	299	9,8	0,03		
Total	301	10,56			

Al realizar la prueba de comparación de medias con respecto al volumen comercial, se muestra en la **Tabla 5**, donde las *E.saligna* y *P. tecunumanii*, fueron superiores estadísticamente y numéricamente con valores de 0,34 y 0,29 m<sup>3</sup>. El volumen maderable cuantificado de las tres especies estudiadas se encuentra en función a dos factores: el coeficiente de aprovechamiento y el volumen comercial de los árboles en pie, siendo este último factor, de acuerdo con (Prodán et al., 1997), el contenido volumétrico en función de las variables diámetro a la altura del pecho, altura total o altura del fuste hasta su bifurcación y alguna expresión de la forma del fuste.

Mientras que el primer factor, considerando lo mencionado por Quiros (1990), es la relación entre el volumen de madera rolliza (trozas) y el volumen resultante en productos aserrados; el cual, determina el volumen del valor de la madera aserrada en medidas comerciales obtenidas a partir de un determinado volumen de madera en rollo (Rodríguez, 2007).

**Tabla 5.** Prueba de comparación de medias para el volumen en las diferentes especies

Especies	N	Media (m <sup>3</sup> )	Significancia
<i>E.saligna</i>	227	0,34	a
<i>P. tecunumanii</i>	10	0,29	a
<i>E. torreliana</i>	65	0,22	a

#### 4.3. Determinación del valor económico del volumen maderable de los árboles en pie de *E. saligna*, *E. torreliana* y *P. tecunumanii* en una plantación agroforestal

A través de preguntas en los aserraderos adyacentes a la plantación agroforestal, se conoció el precio de venta por pie tablar de cada especie estudiada.

Con el precio de venta se calculó el valor real inicial de cada especie, lo cual se muestra en la **Tabla 6** y **Figura 5**, siendo la de mayor valor el de la especie *E. saligna* con S/. 15 341,43 lo cual es 84,9% mayor que el valor real inicial de *E. torreliana* que tiene un valor de S/. 2 320,75; asimismo es 96,4% mayor que el valor real inicial de *P. tecunumanii* que registró un valor de S/. 558,68. Para las tres especies se calcularon un valor real inicial total de S/. 18.230,86.

En lo que concierne al valor real por calidad, se tomó en cuenta la calidad del fuste de cada individuo.

El valor real por calidad de *E. saligna* disminuyó en 0,5% con respecto al valor real inicial; esto debido a que el 16,3% de los individuos presentaron calidad de fuste “2”, mientras que el 1,8% presentaron calidad de fuste “3”. El valor real por calidad de *E. torreliana* disminuyó en 0,4%; esto producto de que el 6,2% de los individuos mostraron calidad de fuste “2”. El valor real por calidad de *P. tecunumanii* no sufrió variación con respecto al valor real inicial, puesto que, el 100% de los individuos registraron calidad de fuste “1”.

El valor real por edad, la cual, es el valor económico final de la plantación, se determinó en función a la edad de los individuos.

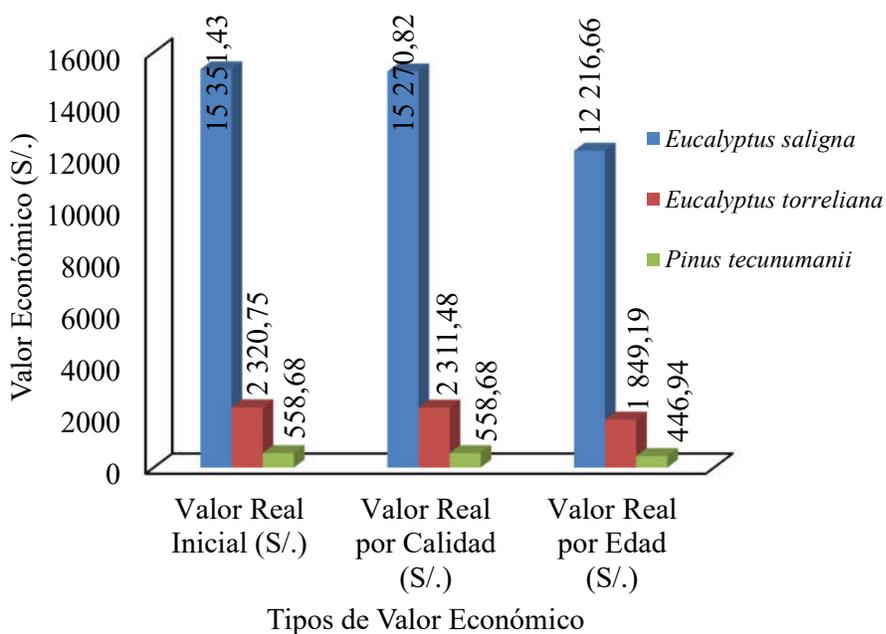
En la especie *E. saligna*, el valor económico final disminuyó en 20,4% con respecto al valor real inicial; en *E. torreliana*, el valor económico final disminuyó en 20,3% en relación al valor real inicial; mientras que en *P. tecunumanii*, el valor económico final disminuyó en 20% en proporción al valor real inicial.

Por lo tanto, el valor real económico final se redujo en 20,4% en consideración al valor real inicial. Por su parte Pérez (2013) registro un valor de 190,65 soles por m<sup>3</sup> en la

especie *D. micrantha*, sin embargo Pacheco et al. (2017) al realizar una valoración financiera de *P. patula* donde el valor real de mercado de la madera de acuerdo a la zona de estudio fue de 3 217 dólares por hectárea, mientras que Sánchez en la misma especie obtuvo un volumen comercial aprovechable de 248 m<sup>3</sup> por hectárea, teniendo un valor de 151 S/ por m<sup>3</sup> de la madera en pie, estas diferencias se debe a factores edafoclimáticos, manejo silvicultural, calidad de sitio donde se desarrolla mejor cada especie forestal

**Tabla 6.** Valor económico del volumen maderable de las tres especies

Especie	Valor Real Inicial (S/.)	Valor Real por Calidad (S/.)	Valor Real por Edad (S/.)
<i>E. saligna</i>	15.351,43	15.270,82	12.216,66
<i>E. torrelliana</i>	2.320,75	2.311,48	1.849,19
<i>P. tecunumanii</i>	558,68	558,68	446,94
Total	18.230,86	18.140,99	14.512,79



**Figura 5.** Valor económico del volumen maderable de las tres especies

Los resultados muestran que el valor económico del volumen maderable de los árboles en pie de las tres especies estudiadas, se determinaron en función la disposición de pago que refleja las preferencias individuales por el bien en cuestión (Toledo, 1998). La transacción a realizar será a través de precio de mercado (Gregersen et al., 1997). Dicho valor económico, de acuerdo a Jager y otros (Jager et al., 2001) va a generar información útil para la toma de decisiones sobre los usos alternativos de los recursos. De acuerdo a Murillo et al., (2004), la metodología de valoración económica aplicada estuvo basada en el valor real, la cual, se compone del volumen, calidad, edad y especie; realizando una tasación de los árboles, sin incluir el valor de la tierra, es proporcional al número de árboles que la compone (Caballer, 1999).

El valor económico final expresado en dólares de la plantación agroforestal fue \$ 4 042,56 (S/. 14 512,79); siendo el de *E. saligna*, \$ 3 402,97 (S/. 12 216,66), el de *E. torreliana*, \$ 515,09 (S/. 1 849,19) y el de *P. tecunumanii*, \$ 124,50 (S/. 446,94). Este valor es inferior a lo determinado por Ruíz (2015) quien en un estudio de valoración económica del volumen maderable de árboles en pie en plantaciones de *C. cateniformis* (Ducke) "tornillo" de siete edades diferentes se realizó en los terrenos del CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos- Perú, calculó que el valor económico a los seis años de edad fue 9 975,26 \$/ha; además afirma que, el valor económico de las plantaciones de *C. cateniformis* depende fundamentalmente del volumen, calidad de fuste, edad y sus condiciones de aprovechamiento y transporte. Sin embargo, el valor económico obtenido, fue superior a lo determinado por Babilonia (2015), quien en un estudio de valoración económica del volumen maderable de árboles en pie en plantaciones de *S. amara* (Aublet) "marupa" de seis edades diferentes se realizó en el CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos – Perú; calculó que el valor económico a los seis años de edad fue 2 322 \$/ha; también afirma que el valor económico de las plantaciones de marupa depende fundamental del volumen, calidad de fuste, edad y sus condiciones de aprovechamiento.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinó que los individuos inventariados se agruparon en cuatro clases diamétricas. El 41,4% se agruparon en la categoría diamétrica “tres”, en el rango de 30 a 39,9 cm de diámetro; el 39,7% se agruparon en la categoría “dos”, en el rango de 20 a 29,9 cm; el 17,2% se agruparon en la categoría “uno”, en el rango de 10 a 19,9 cm y el 1,7% se agruparon en la categoría “cuatro”, en el rango de 40 a 49,9 cm.
- Se cuantificó que el volumen maderable total de los árboles en pie de las tres especies estudiadas en la plantación agroforestal fue 61,738 m<sup>3</sup>; de los cuales, 50,032 m<sup>3</sup> corresponden a *E. saligna*, 9,590 m<sup>3</sup> a *E. torreliana* y 2,116 m<sup>3</sup> a *P. tecunumanii*.
- Se determinó que el valor económico del volumen maderable total de los árboles en pie de las tres especies estudiadas en la plantación agroforestal fue S/. 14 512,79; de los cuales, S/. 12 216,66 corresponden a *E. saligna*, S/. 1 849,19 a *E. torreliana* y S/. 446,94 a *P. tecunumanii*. Existe diferencia significativa entre el valor económico de las tres especies, que además de estar influenciado por el diámetro, altura comercial, calidad del fuste, también se debe al número de individuos por especie.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

- Valorar económicamente el valor futuro en plantaciones de edades menores o iguales a 10 años
- Realizar el manejo silvicultural a la plantación, con el fin de que los árboles crezcan adecuadamente, tengan dimensiones óptimas y deseadas y se incremente la valoración económica.
- Realizar mediciones con precisión para evitar las subestimaciones o las sobrestimaciones, las cuales, pueden afectar al valor económico de la plantación.

## VII. REFERENCIAS

- ADEFOR. (1996). Manual para el manejo de plantaciones forestales. Cajamarca- Perú. 111 p.
- Babilonia, A. (2015). Valoración Económica del Volumen Maderable de Árboles en Pie en Plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” de seis edades diferentes en el CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos – Perú. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 76 p.
- Caballer, V. 1999. Valoración de árboles, frutales, forestales, medioambientales, ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa.
- Campos, R., Chuquicaja, C. (1988). Factor de conversión en aserrío para *Cedrelinga catenaeformis* y *Aniba* sp., en Chanchamayo. Revista Forestal del Perú. Vol 15(1). 1 - 11 p.
- Cechi, E., Moscovich, F., Fas Sola, H., Hennig, A., Hampel, H., Domecq, C., Maletti, C. (2005). Tabla de volumen para *Grevillea robusta* A. En Misiones, Argentina. Décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales - Facultad De Ciencias Forestales - UNAM - EEA Montecarlo - INTA - Eldorado, Misiones, Argentina. 10 p.
- CIFOR (Centro para la Investigación Forestal Internacional). (2003). Experiencias del Comité de Reforestación Selva Central.
- COTESU (Cooperación Técnica del Gobierno Suizo). (1991). Inventario forestal para la evaluación de bosques en pequeñas áreas. Proyecto de capacitación y divulgación forestal. DGFF. Región Ucayali. Pucallpa, Perú. 63 p.
- De La Lama, G. (1976). Atlas del Eucalipto. Tomo I. MA-INIA ICONA. 68 p.
- Eguiluz, P. (1983). *Pinus tecunumanii*: Una especie nueva de Guatemala. Ciencia Forestal.

- Eliás, J. (2015). *Curvas de Crecimiento e Incremento de Cuatro Pináceas en el Noreste de México*. [Tesis pre grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro/ tesis no publicada].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2006). *Aumenta el uso de madera de plantaciones forestales en América Latina y el Caribe*.
- Frey, R. (1969). *Manual de inventario de bosques. Técnicas y procedimientos para Colombia, México, Centro Regional de Ayuda Técnica*.
- Gregersen, H., Arnold, J., Lundgren, A., Contreras, A., Hermosilla, A. (1997). *Valoración de los bosques: contexto, problemas y directrices*. Roma, IT: FAO.
- Heal, G. M. (1999). *Valoración de Servicios Ecosistémicos*. Escuela de negocios Columbia, Universidad de Columbia, Payne Webber Trabajando, Serie de papel en dinero. PW-98-12 p.
- Hush, B., Miller, C., Beers, T. 1982. "Medición Forestal". Krieger Publishing. New York, USA. 402 p.
- Imaña, J., Encinas, O. (2008). *Epidometría forestal*. Universidad de Brasilia, Departamento de Ingeniería Forestal. Brasilia, BR, s. e.
- Jager, M., Fernández, J., Cajal, J., Burkart, R. (2001). *Valoración económica de los Bosques. Revisión, Evaluación, Propuestas*. Fundación para la Conservación de las Especies el Medio Ambiente (FUCEMA).
- King. M., Mazzotta .J. (2000). *Ecosystem Valuation (Valoración de los servicios de los Ecosistemas)*.
- Kometter, R., Maraví, E. (2007). *Metodología para elaborar tablas nacionales de conversión volumétrica de madera rolliza en pie a madera aserrada calidad exportación. Tabla de conversión para el cálculo de volúmenes de madera aserrada - caoba (Swietenia macrophylla)*. Nicaragua. 32 p.

- López, M. (2003). *Análisis del crecimiento diamétrico de cinco especies forestales en los bosques de colinas bajas de la unidad de Dantas*. [Tesis, Ing. Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina/ tesis no publicada].
- Louman, B., Quiroz, D., Nilson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedo con énfasis en América Central*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- Malleux, J., Montenegro, E. (1971). *Manual de Dasometría*. Proyecto FAO/UNDP N° 116. Universidad Nacional Agraria La Molina. Dpto. Manejo Forestal. Lima. 216 p.
- Malleux, J. (1974). *Evaluación de los recursos forestales de SAIS Pampa-Pucallpa*. UNA, La Melina. Lima, Perú. 98 p.
- Metro, A. 1975. *Diccionario de Bosque Multilingüe*. Colección de Terminología Forestal Multilingüe No. 2. Asociación de Franceses Forestales. 432 p.
- Meza, H. (2010). *Determinación del rendimiento de la madera de *Myroxylon balsamum* (L.) Harms (estoraque) en la producción de tablas deck para pisos en la industria de maderas*. Servicios Aguilar EIRL (IMSA) Universidad Nacional del Ucayali. Pucallpa. Perú.
- Murillo, F. (1985). *Descripción anatómica y propiedades físico-mecánicas del *Eucalyptus saligna**. [Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia/tesis no publicada].
- Murillo, L., Hernández, X., Murillo, O. (1992). *Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones de Ciprés en el valle de El Guarco, Cartago, Costa Rica*. In Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. p. 40 - 42.
- Murillo, O., Camacho, P. (1997). *Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas*. Departamento de Ingeniería Forestal; Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21 (2): 189-206.

- Murillo, O., Meza, A., Cabrera, J. (2004). Estimación del valor real y del valor de mercado en pie de la plantación forestal. *Agronomía Costarricense*.
- Nájera, L., Rodríguez, R., Méndez, G., Graciano, L., Rosas, G., Hernández, F. (2006). Evaluación de tres sistemas de asierre en *Quercus sideroxyla* Humb & Bompl del Salto, Durango. *Ra Ximhai*, 2(2), 497 – 513.
- Pacheco, D. Ramos, A. Guzmán, T. (2017). Diagnóstico del sector forestal, su valor económico de las plantaciones, en la región Loreto – Resumen Ejecutivo. Grupo Regional de Manejo de Bosques en Loreto. Iquitos, 13p
- Pérez, T. (2013) Valoración económica de las especies forestales aprovechadas como madera moto aserrada y bloques para tablillas en un bosque húmedo tropical de los alrededores de la desembocadura del Río Algodón, Cuenca del Putumayo, Perú, 2012 [Tesis pre grado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana] Repositorio UNAP. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1966>
- Pecé De Ríos, M. (1994). Tabla de volumen comercial para *Eucalyptus pellita* utilizando el método de la razón volumétrica. *Revista Quebracho*, (2): 54-63.
- Prodán, M., Peters, R., Cox, F., Real, P. (1997). Mensura Forestal. Proyecto IICA/GTZ sobre agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo sostenible. San José de Costa Rica. 561 p.
- Quiros, R. (1990). Optimización del proceso de aserrío en maderas de cortas dimensiones en el Pacífico Seco, Costa Rica. Tesis. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Turrialba, Costa Rica. 8 p.
- Rodríguez, I. (2007). Aserrío y secado de la madera de *Quercus sideroxyla* en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis Ms. Ciencias en desarrollo forestal sustentable. Instituto Tecnológico de El Salto. México. 113 p.
- Ruíz, J. (2015). *Valoración Económica del Volumen Maderable de Árboles en Pie en Plantaciones de Cedrelinga cateniformis (Ducke) “tornillo” de cinco edades diferentes en el CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos – Perú*. [Tesis, Ingeniero en

Ecología de Bosques Tropicales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]  
Repositorio UNAP

<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1922>.

Sanchez, R. (2019) *Valoración económica de madera en pie de una plantación de Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham. En la comunidad campesina de Cumbico. Cajamarca* [Tesis pre grado, Universidad Nacional de Cajamarca] Repositorio UNC.  
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3301>

Sención, G. (2002). Valoración económica de un ecosistema: bosque tropical Peten, Guatemala. Documento de trabajo. Universidad de La República, Facultad de Ciencias Sociales, Departamento de Economía. Documento No 15/02. 31 p.

Toledo, A. (1998). Economía de la Biodiversidad. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Villanueva, G. (2003). *Ganadería y beneficios de los sistemas silvopastoriles en la cuenca alta del río virilla, San José, Costa Rica*. [Tesis maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza] Repositorio CATIE  
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2888>

**ANEXO**

**Anexo 1. Panel fotográfico****Figura 5.** Medición del distanciamiento entre especies**Figura 6.** Medición de la circunferencia de un individuo de *E. saligna*



**Figura 7.** Medición de la circunferencia de un individuo de *P. tecunumanii*



**Figura 8.** Medición de la altura comercial de un individuo de *E. torreliana*



**Figura 9.** Medición de la altura comercial de un individuo de *P. tecunumanii*



**Figura 10.** Medición de la altura comercial de un individuo de *E. saligna*



**Figura 11.** Placa de codificación de un individuo de *E. saligna*



**Figura 12.** Tala de un individuo de *E. saligna*



**Figura 13.** Obtención de tortas para determinar la edad de los individuos



**Figura 14.** Tortas obtenidas para determinar la edad de los individuos



**Figura 15.** Trozas obtenidas para llevar al aserradero



**Figura 16.** Troza de *P. tecunumanii* en el aserradero



**Figura 17.** Medición de la longitud de una troza de *P. tecunumanii*



**Figura 18.** Aserrío de una troza de *P. tecunumanii*



**Figura 19.** Troza de *P. tecunumanii* sin corteza



**Figura 20.** Retiro de los cantos de la troza



**Figura 21.** Obtención de una tabla comercial



**Figura 22.** Obtención del producto final (cinta)

**INFORME N° 008 – 2020- ESM/LD-FCFA**

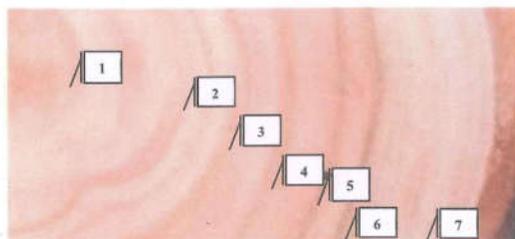
<b>A</b>	:	Bach. Segundo Victor, Estela Delgado
<b>Asunto</b>	:	Edad de las muestras de rodajas de tres especies de la tesis "VALORACIÓN ECONÓMICA DEL VOLUMEN MADERABLE DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UNA PLANTACIÓN AGROFORESTAL DE CINCO AÑOS DE EDAD, SORITOR - SAN MARTÍN"
<b>Fecha</b>	:	Huancayo, 24 de noviembre de 2020.

La determinación de la edad de las muestras de rodajas de tres especies de la tesis "VALORACIÓN ECONÓMICA DEL VOLUMEN MADERABLE DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UNA PLANTACIÓN AGROFORESTAL DE CINCO AÑOS DE EDAD, SORITOR - SAN MARTÍN" aplicando las técnicas y métodos de la dendrocronología desarrollado en el Laboratorio de dendrocronología; cuyo resultado se detalla a continuación (*Tabla 1*) :

**Tabla 1 :**

Muestra	Especie	Edad	Observaciones
1	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	7 años	Anillos se juntan; borde difícil de distinguir; centro difícil
2	<i>Eucalyptus torelliana</i> F. Muell	7 años	Difícilmente distinguible los anillos de los bordes y el centro.
3	<i>Pinus tecunumaní</i> F. Schwerdtf.	7 años	Distinguible

Los **anillos de crecimiento**, son bandas concéntricas o casi concéntricas compuestas de distintas proporciones de tejidos, tamaño y morfología de células, otra definición manifiesta que un anillo de crecimiento es un manto continuo de células, en forma de cono que se superpone a los anillos ya existentes. (Núñez, 2008) Cuando se observa la sección transversal de una pieza de madera se puede distinguir una serie de círculos concéntricos los cuales reciben el nombre de anillos de crecimiento o zona de incrementos de crecimiento. (León y Espinoza, 2001) La sección del tallo del árbol está constituida por anillos finos y anchos. Cada año se agrega un anillo de bajo de la corteza. El espesor de cada anillo define el crecimiento radial del tallo de un determinado año. Las rodajas el género *Eucalyptus* tienen anillos pocos visibles, presentan bordes oscuros (*Figura 1*).

**Figura 1 :** Demarcación de anillos de crecimiento de *Eucalyptus saligna* Sm.**Figura 23.** Informe de edad de las especies (parte 1)

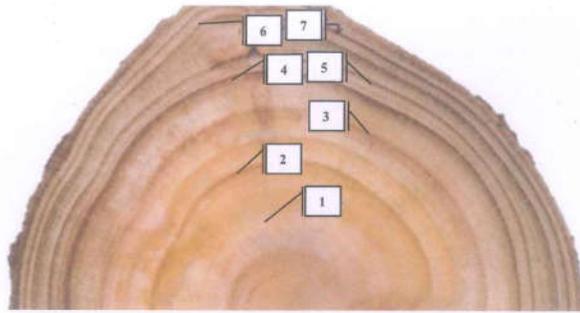


Figura 2 : Demarcación de anillos de crecimiento de *Eucalyptus torelliana* F. Muell

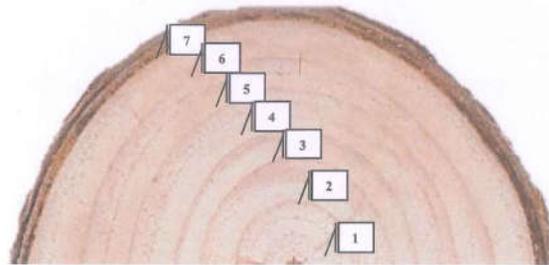


Figura 3 : Demarcación de anillos de crecimiento de *Pinus tecunumani* F. Schwerdtf.

Atentamente,

   
Ing. Edgar Salvatierra Madueño  
Laboratorista

Figura 24. Informe de edad de las especies (parte 2)