



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES

TROPICALES

TESIS

**“VALOR ECONÓMICO DEL VOLUMEN MADERABLE Y DEL SECUESTRO DE
CO₂ DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA DEL PREDIO PRIVADO EL LIMÓN,
DISTRITO DE JENARO HERRERA, LORETO. 2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES**

PRESENTADO POR:

ANGELA FERNANDEZ PANDURO

ASESOR:

Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 005-CTG-FCF-UNAP-2024

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 17 días del mes de enero del 2024, a horas 10:00 am., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "VALOR ECONÓMICO DEL VOLUMEN MADERABLE Y DEL SECUESTRO DE CO₂ DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA DEL PREDIO PRIVADO EL LIMÓN, DISTRITO DE JENARO HERRERA, LORETO. 2022", aprobado con R.D. N° 0522-2022-FCF-UNAP, presentado por el bachiller ANGELA FERNANDEZ PANDURO, para optar el Título Profesional de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0211-2023-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Marlen Yara Panduro Del Aguila, Dra.	: Presidenta
Ing. Jorge Solignac Ruiz, M.Sc.	: Miembro
Ing. Denilson Marcell Del Castillo Mozombite, M.Sc.	: Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: *Satisfactoriamente*

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis han sido: *aprobadas* con la calificación de *bueno*

Estando la bachiller apta para obtener el Título Profesional de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales.

Siendo las *11:20* Se dio por terminado el acto *académico*

Ing. MARLEN YARA PANDURO DEL AGUILA, Dra.
Presidenta

Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.
Miembro

Ing. DENILSON MARCELL DEL CASTILLO MOZOMBITE, M.Sc.
Miembro

Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOLOGIA DE BOSQUES TROPICALES

TESIS

“VALOR ECONÓMICO DEL VOLUMEN MADERABLE Y DEL SECUESTRO DE CO₂ DE UN
BOSQUE DE COLINA BAJA DEL PREDIO PRIVADO EL LIMÓN, DISTRITO DE JENARO
HERRERA, LORETO. 2022”.

(Aprobado el día 17 de Enero del 2024, según Acta de Sustentación N° 005)

MIEMBROS DEL JURADO



Ing. MARLEN YARA PANDURO DEL AGUILA, Dra.
Presidente
Reg. CIP. N° 46358



Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.
Miembro
Reg. CIP. N° 113740



Ing. DENILSON MARCELL DEL CASTILLO MOZOMBITE, M.Sc.
Miembro
Reg. CIP. N° 172011



Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Asesor
Reg. CIP. N° 45725

NOMBRE DEL TRABAJO

FCF_TESIS_FERNANDEZ PANDURO.pdf

AUTOR

ANGELA FERNANDEZ PANDURO

RECUENTO DE PALABRAS

9431 Words

RECUENTO DE CARACTERES

46399 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

38 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

954.2KB

FECHA DE ENTREGA

Feb 19, 2024 2:07 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 19, 2024 2:07 AM GMT-5

● 31% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 30% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

A mis padres y hermanas por su apoyo incondicional, sus buenos consejos, enseñanzas y estar en cada momento buenos y malos, todo ello con una gran dosis de amor, que me formaron y forjaron la gran persona que ahora soy.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por darme la vida, fe, esperanza, amor y muchas bendiciones que me regala a cada momento de mi vida.

A mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para cumplir todas mis metas tanto como personal y profesional, y nunca abandonarme frente a las adversidades.

A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, que me ha enseñado muchas cosas en el proceso de mis estudios de mi carrera profesional, agradecer a cada docente por su trabajo y enseñanzas.

Agradecer a mis demás familiares, hermanas, asesor, amigos y aquellas personas que me apoyaron en mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

N°	Descripción	Pág.
	PORTADA	i
	ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
	JURADO Y ASESOR	iii
	RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
	DEDICATORIA	v
	AGRADECIMIENTO	vi
	ÍNDICE GENERAL	vii
	ÍNDICE DE CUADROS	xi
	ÍNDICE DE FIGURAS	xii
	RESUMEN	xiii
	ABSTRACT	xiv
	INTRODUCCIÓN	1
	CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1.	Antecedentes	3
1.2.	Bases teóricas	5
1.3.	Definición de términos básicos	7
	CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	10
2.1.	Formulación de la hipótesis	10
2.2.	Variables y definiciones operacionales	10

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño	11
3.2. Diseño muestral	11
3.3. Procedimientos de recolección de datos	11
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	11
3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística	12
3.4.2. Cálculo	12
• Cálculo del volumen maderable comercial	12
• Cálculo del valor económico del volumen comercial	12
• Cálculo de la biomasa aérea	13
• Cálculo de la biomasa seca radicular	13
• Cálculo de la biomasa seca total	13
• Cálculo del stock de carbono	13
• Cálculo del secuestro de CO ₂	14
• Estimación del valor económico del secuestro de CO ₂	14
3.4.3. Análisis estadístico	15
• Prueba de normalidad	15
• Prueba de hipótesis	15
3.5. Aspectos éticos	16
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	17
4.1. Composición florística	17

4.2.	Volumen de madera comercial	18
4.3.	Valor económico de la maderable comercial	19
4.4.	Biomasa en bosques de especies de comerciales	21
4.5.	Stock de carbono en las especies forestales comerciales	23
4.6.	Secuestro de CO ₂ por las especies forestales comerciales	24
4.7.	Valor económico del secuestro de CO ₂ por especies comerciales	25
4.8.	Comparación de los beneficios económicos del secuestro de CO ₂ y la ganancia neta de la venta de madera rolliza	27
4.9.	Análisis estadístico	28
4.9.1.	Prueba de normalidad	28
4.9.2.	Prueba de hipótesis	29
CAPITULO V: DISCUSIÓN		30
5.1.	Valor económico del volumen maderable	30
5.2.	Valor económico del secuestro de CO ₂	31
5.3.	Beneficios económicos del secuestro de CO ₂ frente a los de la tala comercial de madera	33
CAPITULO VI: CONCLUSIONES		35
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES		36
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN		37
ANEXOS		40
Anexo 1. Mapa de ubicación del bosque de colina baja del distrito de		41

Jenaro Herrera, Loreto. 2022

Anexo 2. Identificación botánica de las especies comerciales	42
Anexo 3. Base de datos del censo forestal	43
Anexo 4. Volumen maderable por ha y por clase diamétrica del bosque evaluado	45
Anexo 5. Valor económico por especie comercial y total del bosque evaluado	46
Anexo 6. Biomasa seca total y por especies en el bosque de colina baja	47
Anexo 7. Stock de carbono por especie y total del bosque evaluado	48
Anexo 8. Secuestro de CO ₂ por especie y total del bosque evaluado	49
Anexo 9. Valor económico del servicio ambiental de secuestro de CO ₂ por especie	50

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Descripción	Pág.
1.	Se enumeran las especies forestales, los géneros, las familias y el número de árboles.	17
2.	Volumen maderable por clase diamétrica del bosque evaluado	18
3.	Valor económico por especie comercial y total del bosque evaluado	20
4.	Biomasa seca total y por especies en el bosque de colina baja	22
5.	Stock de carbono por especie y total del bosque evaluado	23
6.	Secuestro de CO ₂ por especie y total del bosque evaluado	25
7.	Valor económico del servicio ambiental de secuestro de CO ₂ por especie	26
8.	Comparación de la ganancia neta de la venta de madera rolliza de especies comerciales y el valor económico del secuestro de CO ₂	27
9.	Prueba de normalidad de los datos recogidos en el bosque de colina baja	28
10.	Entre el valor económico del volumen de madera y el valor económico del secuestro de CO ₂ , se realizó una prueba de hipótesis no paramétrica de Kruskal-Wallis.	29
11.	Prueba de Chi-cuadrado	29

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Descripción	Pág.
1.	Distribución del número de árboles por familia	17
2.	Volumen de madera por especie, por hectárea y global	19
3.	Por especie y por hectárea, el valor económico	20
4.	Por especie y por hectárea, biomasa seca	21
5.	Por especie y por hectárea, reservas de carbono	24
6.	Secuestro de CO ₂ por especie y por hectárea	25
7.	Por especie y por hectárea, el valor económico del servicio medioambiental del secuestro de CO ₂	26
8.	Diagrama de caja de bigotes para el DAP y altura comercial	28

RESUMEN

Este estudio comparó el servicio de secuestro de CO₂ y los valores económicos del volumen de madera de las especies forestales comerciales del bosque de colina baja de Loreto, distrito de Jenaro Herrera. Se evaluaron los datos del censo forestal de la propiedad privada El Limón. Según los resultados, la madera tiene un valor comercial de 585,79 USD/ha. Las tres especies con mayor valor son *Macrolobium angustifolium* (234,47 USD/ha), *Allantoma decandra* (103,61 USD/ha) y *Ormosia macrocalyx* (90,36 USD/ha). El secuestro de CO₂ tiene un valor económico de 3464,05 USD/ha. Las especies con mayor valor económico son *Macrolobium angustifolium* (1014,86 USD/ha), *Allantoma decandra* (781,58 USD/ha) y *Ormosia macrocalyx* (391,13 USD/ha). La prueba Chi-cuadrado dio como resultado un *p*-valor = 0,002 inferior a $\alpha = 0,05$, rechazando la hipótesis nula y apoyando la hipótesis alternativa de que existe una diferencia significativa entre las medias del valor económico del volumen de madera y el valor económico del secuestro de CO₂ en montes bajos.

Palabras claves: Valor económico, volumen maderable, secuestro de CO₂, colina baja, Jenaro Herrera.

ABSTRACT

This study compared the CO₂ sequestration service and economic values of timber volume of commercial forest species in the low hill forest of Loreto, Jenaro Herrera district. Data from the forest census of the private property El Limón were evaluated. According to the results, the timber has a commercial value of 585,79 USD/ha. The three species with the highest value are *Macrolobium angustifolium* (234.47 USD/ha), *Allantoma decandra* (103,61 USD/ha) and *Ormosia macrocalyx* (90,36 USD/ha). CO₂ sequestration has an economic value of 3464,05 USD/ha. The species with the highest economic value are *Macrolobium angustifolium* (1014,86 USD/ha), *Allantoma decandra* (781.58 USD/ha) and *Ormosia macrocalyx* (391,13 USD/ha). The Chi-square test resulted in a p-value = 0,002 lower than $\alpha = 0,05$, rejecting the null hypothesis and supporting the alternative hypothesis that there is a significant difference between the means of the economic value of timber volume and the economic value of CO₂ sequestration in lowland coppices.

Key words: Economic value, timber volume, CO₂ sequestration, low hill, Jenaro Herrera.

INTRODUCCIÓN

Los primeros informes sobre el cambio climático aparecieron hace mucho tiempo. Tiene consecuencias lentas y acumulativas que están relacionadas con otros fenómenos como el calentamiento global. Debido a su capacidad para reflejar la luz infrarroja que absorbe la superficie terrestre, el CO₂ es uno de los gases de efecto invernadero más importantes. A pesar de ser crucial para la salud del planeta (el efecto invernadero), la actividad humana ha aumentado los niveles de CO₂ por encima de la cantidad sugerida (Miranda, 2018, p. xvi).

Los bosques desempeñan un papel fundamental en el ciclo del carbono terrestre. La silvicultura es una parte importante del mercado voluntario de CO₂. Actualmente, las mayores reservas de carbono se encuentran en los bosques, seguidos de los pastizales, las tierras de cultivo y las turberas. Por ello, el beneficio ecológico del almacenamiento de carbono forestal está recibiendo mucha atención. Las emisiones anuales de combustibles fósiles que son absorbidas por los árboles rondan el 27% (Miranda, 2018, p. 3).

Pocas personas son conscientes de la importancia económica del secuestro de CO₂ y del volumen de madera. Se trata de cuestiones cruciales para nuestra región, ya que contribuyen a reducir y manejar los efectos medioambientales negativos del calentamiento global, al tiempo que mejoran el nivel de vida de la población.

La evaluación de los servicios medioambientales de secuestro de carbono (CO₂) en bosques naturales, plantaciones y sistemas agroforestales puede ser utilizada por naciones, organizaciones y personas interesadas en la silvicultura y el desarrollo para identificar las soluciones menos perjudiciales y sostenibles (Espíritu *et al.*, 2017, p. 35, como se citó en Espíritu, 2021, p. 1).

En los países latinoamericanos, la tarifa del carbono está adquiriendo mayor importancia como política climática. Perú también figura en la lista de países con una alta probabilidad de experimentar efectos adversos del cambio climático a escala regional (Trinidad y Ortiz, 2019 como se menciona en Medina *et al.*, 2020, p. 166). También, ha implementado una serie de mecanismos económicos y de mercado (créditos de carbono) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero como signatario del Protocolo de Kioto y parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Phillips *et al.* 2017, como se menciona en Medina *et al.*, 2020, p. 166).

Los resultados indican que existen diversos valores para las familias, las especies forestales más comunes, el volumen comercial, la biomasa, el carbono almacenado, el secuestro de CO₂ y el valor económico del volumen de madera y el secuestro de CO₂ en comparación con otros estudios. Estos resultados podrían utilizarse para crear métodos que permitan incluir el servicio de secuestro de CO₂ en el mercado del carbono, proporcionando el beneficio económico del bosque sin el requisito de la deforestación sostenible.

En tal sentido, el objetivo general fue: determinar el valor económico del volumen maderable y del secuestro de CO₂ de un bosque de colina baja del predio privado el Limón, distrito de Jenaro Herrera, Loreto. 2022: mientras que los objetivos específicos fueron: 1) Cuantificar el valor económico del volumen maderable de las especies forestales comerciales de un bosque de colina baja; 2) Cuantificar el valor económico del secuestro de CO₂ por las especies forestales comerciales de un bosque de colina baja y 3) Comparar el beneficio obtenido por el aprovechamiento de la madera comercial con el beneficio obtenido por el secuestro de CO₂ por las especies forestales comerciales del bosque de colina baja.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el distrito de Mazán en el año 2021, se llevó a cabo una investigación descriptiva, cuantitativa y de nivel básico. Se incluyeron en la población de estudio todas las especies con un DAP mayor o igual a 40 cm. El valor económico de las 20 especies principales ascendió a USD 250 892,15, es decir el 61,81% de USD 405 939,76. *Virola sebifera* (27 634,84 USD) y *Eschweilera* sp. (34 566,40 USD), con un 8,52% y un 6,81% respectivamente, son las dos especies con mayor valor económico. La hipótesis nula de que no existen variaciones observables en el valor económico del secuestro de CO₂ entre especies se acepta a partir del análisis de varianza, que arroja un *p-valor* de 0,2295, por encima del nivel de significación de 0,05 (Arirama, 2021, pp. 28, 29).

En 2017, se realizó un estudio descriptivo y básico en el distrito de Urarinas, y se señaló que todas las especies forestales con un DAP mayor o igual a 30 cm incluían la población de estudio. De las 25 especies estudiadas, el bosque de terraza baja con drenaje deficiente tuvo el mayor valor económico, reportando USD 520,88/ha, es decir el 64,90% del total USD 802,09/ha, mientras que el bosque de terraza baja con drenaje moderado reportó USD 337,88/ha, es decir el 62,14% del total USD 543,73/ha. El valor económico más elevado (44,14 USD/ha) corresponde a la especie *Otoba glycyarpa* "cumala aguanillo" que se encuentra en el bosque de terraza baja con drenaje pobre. *Poecilanthe effusa*, "maria buena", *Copaifera paupera*, "copaiba", y *Macrolobium multijugum*, "boa caspi", tienen valores más bajos para ambos tipos de bosque: 5,26 USD/ha, 4,43 USD/ha y 0,31 USD/ha. *Virola albidiflora* "cumala", tiene un valor de 29,27 USD/ha para el bosque de terraza baja con drenaje moderado (Riofrio, 2017, p. 42).

En la provincia de Ramón Castilla se realizó un estudio, descriptivo e inferencial en el año 2016. Todos los árboles de las diez especies comerciales con DAP mayor o igual al DMC conformaron la población de estudio. Las especies con mayor valor económico, totalizando USD 22 046,14, son *Virola albidiflora*, *Brosimum rubescens*, *Apuleia leiocarpa*, *Parkia igneiflora* y *Ceiba pentandra*; mientras que las especies con menor valor económico, suman USD 743,83 y USD 1916,48, respectivamente. *Virola albidiflora* produjo la mayor cantidad de dinero (24 015,42 USD) y *Simarouba amara* la menor (2159,78 USD), lo que arroja un total de 87 890,85 USD de ventas de madera rolliza de la PCA 20. Para obtener el beneficio neto, que asciende a 11 851,01 USD, se restan los costos asociados a la extracción de madera rolliza que ascendieron a 76 039,84 USD. Por lo tanto, al comparar el valor del secuestro de CO₂, 29.290,52 USD, con el beneficio neto de las ventas de madera rolliza, 11 851,01 USD, la diferencia a favor del secuestro de CO₂ es de 17 439,51 USD (Sánchez, 2016, pp. 36, 39).

Todas las especies forestales con DAP mayor o igual a 10 cm constituyeron la población de un estudio descriptivo-correlacional realizado en el distrito de Alto Nanay en 2016. En comparación con el bosque de colina alta, que tiene un valor de 4116,86 USD/ha y vale el 88,34% del total de 4660,22 USD/ha, el bosque de colina baja tiene un valor de 3687,09 USD/ha, es decir, el 80,44% del total de 4583,77 USD/ha. El valor del bosque de terraza baja es de 2558,30 USD/ha, lo que representa el 82,33% del valor total de 3107,23 USD/ha. Estas 25 especies muestran la mayor ventaja económica del secuestro de CO₂. El mayor valor económico por hectárea corresponde a la especie *Inga ingoides* "shimbillo" para el bosque de terraza baja (356,21 USD/ha), seguida de *Eschweilera gigantea* "machimango negro" para el bosque de colina baja (848,68 USD/ha), y *Tachigali*

tessmannii "tangarana" para el bosque de colina alta (793,86 USD/ha). Se acepta la hipótesis nula de que el tipo de bosque no afecta a la valoración económica del servicio de secuestro de CO₂ porque el *p-valor* (0,182) es superior a 0,05 y los resultados demuestran que no hay cambios estadísticamente significativos en el valor económico de los tres tipos de bosque (Sosa Castillo, 2016, pp. 46, 48).

1.2. Bases teóricas

La biomasa es un componente clave en los estudios sobre el secuestro de carbono, ya que puede utilizarse para calcular cuánto carbono se fija o almacena un bosque. Como depende sobre todo de la edad del rodal, la biomasa total es un indicador valioso para determinar la estructura de los bosques (Pesantez, 2015, p. 21).

La estimación de la biomasa de los bosques naturales es uno de los principales problemas que plantea el calentamiento global. Desde que se ha establecido que los árboles renuevan parte de su materia permanente durante el crecimiento, incluida su biomasa y sus hojas, ramas, flores, frutos y corteza, ha aumentado el interés por investigar la importancia de los bosques en el ciclo de los elementos biogeoquímicos, en particular el carbono (Rodríguez, Jiménez, Aguirre, Treviño, 2006, como se citó en Pesantez, 2015, p. 22).

El dióxido de carbono de la atmósfera se une a los procesos metabólicos de las plantas durante la fotosíntesis y se convierte en una parte esencial de la estructura de la madera y de todos los demás tejidos necesarios para el crecimiento de las plantas. El equilibrio entre el carbono secuestrado por una especie forestal como resultado de su desarrollo y el carbono liberado a través de la descomposición de ramas, hojas, frutos y corteza, determina el secuestro neto de carbono de un árbol (Nogués, García, Rezeau, 2010, como se citó en (Pesantez, 2015, p. 22).

Gas apenas peligroso, sin sabor, color ni olor, el dióxido de carbono pesa 1,5 veces más que el aire y es incombustible. Es un gas condensable con una elevada presión de vapor que está en equilibrio con la fase líquida del gas que se enfría en los cilindros a temperatura ambiente. Además, es el principal gas que contribuye al calentamiento global. El dióxido de carbono (72%) se sitúa muy por detrás del metano (18%) y del óxido nitroso (9%) en cuanto a producción de gases de efecto invernadero. El calentamiento del planeta, provocado por los efectos del dióxido de carbono atmosférico, es el origen de las continuas subidas de la temperatura mundial (Soto, 2018, p. 23).

Para realizar un estudio y comprender cómo influye el dióxido de carbono en el calentamiento global, es esencial entender de dónde procede este gas. La principal fuente de dióxido de carbono es la combustión de carburantes. La producción de carbón, petróleo y gas, así como los automóviles, contribuyen considerablemente a las emisiones de dióxido de carbono. La deforestación también aumenta considerablemente la concentración atmosférica de dióxido de carbono. De este modo, las plantas no desperdician el dióxido de carbono que podrían utilizar para la fotosíntesis liberándolo a la atmósfera. Además, la electricidad es un emisor de dióxido de carbono. Por ejemplo, el 1% de las emisiones de dióxido de carbono de Estados Unidos se deben a la electricidad (Soto, 2018, p. 24).

Los recursos naturales que son renovables y biodegradables se utilizan para suministrar servicios ecosistémicos (SE). Al combinar factores bióticos y abióticos en mosaicos que dan lugar a paisajes, ecosistemas o biomas increíblemente complejos, los SE también incorporan recursos no vivos. Esto es posible gracias a las interacciones de la biodiversidad con la litosfera y la atmósfera de las que depende (Palacios, 2017, pp. 17, 18).

Los servicios ecosistémicos se definen como los beneficios que puede experimentar la sociedad y una evaluación de las ventajas e inconvenientes derivados de la naturaleza. Esta táctica facilita la selección de las mejores prácticas de gestión entre las numerosas opciones que puede conllevar el aumento del consumo de tierra y agua (Wainger *et al.*, 2011, como se citó en (Palacios Peñaranda, 2017, p. 18).

La evaluación económica de los servicios medioambientales, en particular el secuestro de CO₂, desempeña un papel importante en la explotación de los bosques, ya que son una herramienta de conservación y protección que ofrece ventajas económicas a las poblaciones humanas y alternativas con una contribución sostenible. El costo o nivel de demanda de este servicio medioambiental dicta la cantidad de carbono que se pone a la venta en los mercados (Motto, 2000, p. 34, como se citó en (Espíritu Pezantes, 2021, p. 10).

El estudio económico ejemplifica los diversos usos de la biodiversidad y los recursos biológicos. La información generada sobre los beneficios ecológicos, culturales, estéticos y económicos se transformará en medidas para su protección y mantenimiento efectivo, convirtiéndose en un medio para influir en las decisiones gubernamentales y sociales, colectivas e individuales si se demuestra que la conservación de la diversidad biológica puede tener un valor económico positivo frente a las actividades que la amenazan (Motto, 2000, p. 36, como se citó en (Espíritu Pezantes, 2021, p. 10).

1.3. Definición de términos básicos

Biomasa.- Está presente en el entorno forestal como el peso de los materiales orgánicos, tanto por encima como por debajo del suelo. La única forma que tienen

las plantas de aprovechar la energía del sol para tomar nutrientes de su entorno es mediante el proceso de fotosíntesis (Donald, 2005, como se citó en Pesantez, 2015, p. 20).

Bosque de colina baja.- Su relieve topográfico presenta pendientes pronunciadas y complicadas que oscilan entre el 15% y el 35%, y crece en un entorno ondulado y montañoso (Fondo Nacional para áreas Naturales Protegidas por el Estado PROFONANPE, 2007, p. 37).

Bosque.- Campo con árboles y arbustos dispersos En los bosques, la mayoría de los árboles maduros son de distintos tipos y alturas, y están rodeados por capas vegetales bajas que distribuyen eficazmente la luz solar (Quispe Villafuerte, 2010, p. 15).

Carbono.- Componente químicamente sólido, no metálico, de todos los compuestos orgánicos y de algunos inorgánicos (Lino Zevallos, 2009, p. 16).

Almacenamiento de carbono.- Capacidad de un bosque para almacenar la cantidad típica de carbono por hectárea que nunca se libera a la atmósfera (Segura, 1997, como se citó en Vega Quevare, 2016, p. 12).

Captura de carbono.- Utilizar la biomasa para absorber y almacenar el dióxido de carbono atmosférico en los océanos, los bosques o la tierra. Reconocido por almacenar y fijar el carbono. Uno de los servicios ecológicos más importantes, ya que ayuda a controlar la temperatura global, así como la química del agua del mar y las zonas costeras (IPCC, 2005, como se citó en (Vega Quevare, 2016, p. 12).

Fijación de carbono.- Los arbustos, los árboles vivos y muertos, el suelo forestal, la biomasa caída (hojas y ramas), el carbono orgánico del suelo y los árboles vivos contribuyen de distintas formas a la acumulación de carbono en los ecosistemas forestales (IPCC, 2005, como se citó en Vega Quevare, 2016, p. 12).

Dióxido de carbono (CO₂).- Gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor ácido. formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno (Lino Zevallos, 2009, p. 16).

Especies.- Elementos que están relacionados entre sí porque poseen una o más de las mismas características (Rae y Asale, 2010, p. 1).

Secuestro o fijación de CO₂.- El dióxido de carbono (CO₂) se absorbe de la atmósfera y se combina con la biomasa vegetal durante el proceso bioquímico de la fotosíntesis (Lino, 2009, p. 17).

Servicio ambiental.- Conjunto de fenómenos naturales que benefician a la sociedad y son necesarios para la supervivencia de los espacios naturales, incluidas las especies y los genes. Las características singulares de los espacios naturales y su entorno socioeconómico repercuten en la oferta de diversos servicios relacionados con los recursos forestales (Torres, 2002, pp. 40, 41).

Stock de carbono.- Los flujos son todas las acciones que tienen un efecto sobre las existencias, que son toda la información almacenada en los componentes estructurales del bosque (Honorio & Baker, 2009, p. 9).

Valoración económica.-: El valor del bien determina si las personas pueden o no satisfacer sus necesidades de producción, humanas, éticas o estéticas de los productos que se les suministran (Barbier, 1993 citado por (Orihuela & Gurmendi, 2019, p. 31).

Volumen de madera: Cantidad de madera que produce un árbol o un rodal. (Reynaga, 2013, p. 23).

CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

Existe diferencia entre el valor económico del volumen maderable y del secuestro de CO₂ de un bosque de colina baja del predio privado el Limón, distrito de Jenaro Herrera, Loreto. 2022.

2.2. Variables y definiciones operacionales

Variable	Definición conceptual	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
Independiente Bosque de colina baja	Su relieve topográfico presenta pendientes pronunciadas y complicadas que oscilan entre el 15% al 35%, y crece en un entorno ondulado y montañoso.	Cuantitativa	- Número de individuos - Número de especies - Número de géneros - Número de familias	Razón	Listas de las especies forestales encontradas en el bosque de investigación.
Dependiente Valor económico del volumen de madera comercial Valoración económica del secuestro de CO ₂	Es el más utilizado para medir la cantidad de madera rolliza. Valor en dinero del servicio de secuestro de CO ₂ prestado por los bosques en un momento dado.	Cuantitativa	- Volumen maderable - Precio de madera rolliza - Biomasa - Stock de carbono - Secuestro de CO ₂	Razón	Formato para almacenar datos sobre el número de especies forestales de importancia comercial. Formato para registrar datos dasométricos, biomasa, reservas de carbono, secuestro de CO ₂ y el valor económico del CO ₂ para árboles individuales de especies forestales comerciales. Base de datos para inventario y hoja de cálculo Excel.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

El estudio es de nivel básico, cuantitativo, descriptivo y no experimental. El diseño no experimental se basa en el registro de datos dasométricos de cada árbol individual presente en el bosque de colina baja del distrito de Jenaro Herrera, Loreto, 2022.

El estudio se llevó a cabo en el bosque de colina baja de la propiedad privada El Limón, que cubre alrededor de 17,37 ha. Las coordenadas UTM que delimitaron el área de estudio son: V1 (9451993 N, 650181 E), V2 (9451250 N, 650928 E), V3 (9451090 N, 650854 E), V4 (9451833 N, 650109 E) y V5 (9451833 N, 650109 E) (9451938 N y 650156 E). Políticamente se rige por la Región Loreto, Provincia de Requena y Distrito de Jenaro Herrera (Anexo 2).

3.2. Diseño muestral

Todos los árboles de especies comercialmente viables con DAP mayor o igual a 40 cm presentes en el bosque de colina baja de la propiedad privada El Limón constituyeron la población de la investigación. Se realizó un censo completo, por lo que la muestra coincidió con el conjunto de la población.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Los datos de campo se recogieron durante el censo forestal utilizando un formulario de recogida de datos en el que se pedía el nombre de la especie, el DAP, la altura comercial, las coordenadas UTM y algunas observaciones.

3.4. Procesamiento y análisis de los datos

En la metodología y el análisis de datos se utilizaron los datos del censo forestal de 2019 que se realizó en el bosque de estudio. Se utilizaron los formularios del Anexo

4 para calcular la biomasa, las reservas de carbono, el secuestro de carbono y el valor económico del secuestro de CO₂ para cada árbol individual y cada especie.

3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística

El nombre común, nombre científico y familia de las especies forestales comerciales listadas en el censo forestal fueron confirmados e identificados por el Herbario Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

3.4.2. Cálculos

- **Cálculo del volumen maderable comercial**

El volumen comercial de cada árbol se calculó utilizando su DAP, su altura comercial y el coeficiente de forma de 0,7 para las especies de los bosques tropicales. El área basal se calculó inicialmente mediante la siguiente fórmula: (MINAM, 2015, p. 34):

$$AB = 0,7854 * (DAP)^2$$

Dónde: AB = área basal (m²); DAP = diámetro a la altura del pecho (m).

El volumen comercial se calculó aplicando la siguiente fórmula (MINAM, 2015, p. 35):

$$Vc = AB * Hc * Ff$$

Dónde: Vc = volumen comercial (m³); AB = área basal (m²); Hc = altura comercial (m); Ff = factor de forma (0,7).

- **Cálculo del valor económico del volumen comercial**

Para determinar el valor económico del volumen maderable de las especies comerciales, se utilizaron los precios de las trozas en el mercado local de la ciudad de Iquitos en Soles/m³ y el precio de la madera rolliza (Soles/m³). Para el cálculo del valor se tuvo en cuenta que 220 pt equivalen a 1 m³ de madera rolliza.

- **Cálculo de la biomasa aérea**

Aplicamos el método de Dauber *et al.*, (2006, p. 9) para medir la biomasa aérea de especies forestales comerciales del predio privado El Limón en el distrito de Jenaro Herrera:

$$Bsa = Vc * DB * FEB$$

Dónde: Bsa = biomasa seca aérea (kg); Vc = volumen comercial del árbol (m³); DB = densidad básica de la madera de una especie en particular (kg/m³) (Zanne *et al.*, 2009); FEB = factor de expansión de biomasa (2,25) (Dauber *et al.*, 2006, p. 9).

- **Cálculo de la biomasa seca radicular**

Esta estimación se ha realizado porque la biomasa radicular representa el 20% del peso de la biomasa aérea (Higuchi y Carvalho, 1994, p. 144, como se citó en Espíritu, 2021, p. 19), entonces:

$$Br = (0,20) Ba$$

Dónde: Br = biomasa radicular (kg); Ba = biomasa aérea (kg)

- **Cálculo de la biomasa seca total**

La biomasa total se calculó sumando la biomasa aérea y radicular (Higuchi y Carvalho, 1994, p. 144, como se citó en Espíritu, 2021, p. 19).

$$Bt = Ba + Br$$

Dónde: Bt = biomasa total (kg); Ba= biomasa aérea (kg); Br = biomasa radicular (kg).

- **Cálculo del stock de carbono**

La biomasa total se multiplicó por 0,5 para obtener la reserva de carbono por árbol, ya que la materia seca suele contener el 50% del carbono almacenado (IPCC, 2003, como se citó en Espíritu, 2021, p. 20).

$$C = 0,5 (Bt)$$

Dónde: C = Stock de carbono en toneladas de carbono (tC); B_t = biomasa seca en toneladas (t).

- **Cálculo del secuestro de CO₂**

Según Vallejo, (2009), Alegre (2008), Gamarra (2001) e IPCC (2003), como se citó en Espíritu, 2021, p. 20), el secuestro de dióxido de carbono se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$CO_2 = C * 3,67$$

Dónde:

CO₂ = Dióxido de carbono secuestrado en toneladas (tCO₂).

C = Stock de carbono en toneladas de carbono (tC).

3,67 = Factor de conversión de carbono a CO₂, resultante del cociente del peso molecular del CO₂ entre el peso atómico del carbono. Así:

$$C+2*O = 12 + (2*16) = 44 \quad C = 12 \quad \square \quad 44/12 = 3,67 \quad (\text{Rügnitz, 2011, p. 3})$$

- **Estimación del valor económico del secuestro de CO₂**

El valor económico del secuestro de CO₂ se determinó multiplicando la cantidad total de CO₂ secuestrado por el precio aplicable del mercado de carbono (IPCC, 1996, como se citó en Espíritu, 2021, p. 20).

$$VE = CO_2 * \text{Precio de carbono en el mercado (USD)}$$

Para estimar el precio de mercado del servicio de secuestro de carbono se ha tenido en cuenta el valor de referencia publicado por la Bolsa SENDECO2 para el 10 de febrero de 2023.

Precios CO₂ (SPOT)	EUA	USD
Último cierre (10-02-2023)	89,93 €	96,01
Media de las últimas 5 sesiones	88,04 €	93,99
Media de las últimas 30 sesiones	82,62 €	88,21
Media de los últimos 12 meses	80,36 €	85,79

Fuente: www.sendeco2.com 1Euro = 1,07 dólares

3.4.3. Análisis estadístico

- **Prueba de normalidad**

Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de los datos de DAP y altura comercial de las especies forestales presentes en el bosque de estudio. A continuación, se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H₀):	La variable aleatoria SI tiene distribución normal	<i>p-valor</i> > 0,05
Hipótesis alterna (H₁):	La variable aleatoria NO tiene distribución normal	<i>p-valor</i> < 0,05

- **Prueba de hipótesis**

Se empleó el siguiente método para examinar los resultados de la prueba de normalidad y determinar si existe diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0,05$) entre el valor económico de la cantidad de madera y el valor económico del secuestro de CO₂ del bosque de colina baja.

Como la variable aleatoria no tuvo una distribución normal, se aplicó la prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis, Chi-cuadrado).

Para lo cual se planteó la siguiente hipótesis estadística:

Hipótesis nula (H₀): El valor económico de un bosque de colina baja en la propiedad privada El Limón, en la región de Jenaro Herrera, Loreto, es igual al valor económico del volumen de madera y el secuestro de CO ₂ .	<i>p-valor</i> > 0,05
Hipótesis alterna (H₁): El valor económico de un bosque de colina baja en la propiedad privada El Limón, en la región de Jenaro Herrera, Loreto, difiere al valor económico del volumen de madera y el secuestro de CO ₂ .	<i>p-valor</i> < 0,05

3.5. Aspectos éticos

Este estudio se ajustó a los cuatro principios éticos fundamentales de autonomía, beneficencia, no maleficencia e imparcialidad. Tanto la elección de participar en el estudio como la de mantener el anonimato al consultar cualquier información relacionada con él fueron voluntarias.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Composición florística

Se contaron cinco familias botánicas, ocho especies forestales comerciales y un total de 55 árboles. Las familias Combretaceae (macrophylla) y Moraceae (decandra) presentan una especie cada una (Cuadro 1).

Cuadro 1. Se enumeran las especies forestales, los géneros, las familias y el número de árboles.

N°	Especie		Familia	N° de árboles
	Nombre común	Nombre científico		
1	Azucar huayo	<i>Macrolobium angustifolium</i>	Fabaceae	18
2	Caimitillo	<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	Sapotaceae	5
3	Huayruro	<i>Ormosia macrocalyx</i>	Fabaceae	6
4	Moena	<i>Nectandra paucinervia</i>	Lauraceae	3
5	Palta moena	<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	Lauraceae	3
6	Papelillo	<i>Allantoma decandra</i>	Moraceae	11
7	Quinilla	<i>Elaeoluma glabrescens</i>	Sapotaceae	3
8	Yacushapana	<i>Buchenavia macrophylla</i>	Combretaceae	6
Total				55

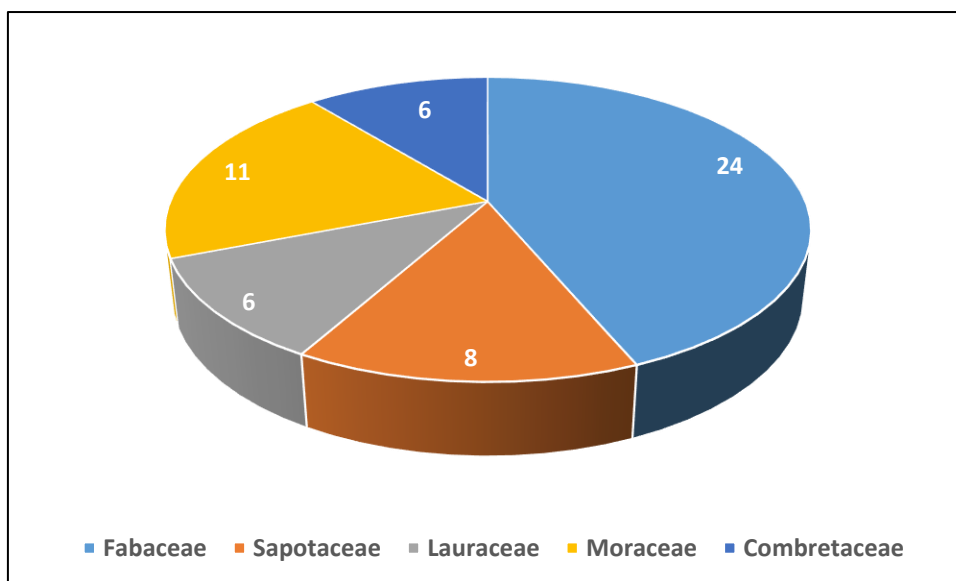


Figura 1. Distribución del número de árboles por familia

Por el contrario, *Chrysophyllum cuneifolium* (cinco árboles), *Nectandra paucinervia*, *Caryodaphnopsis inaequalis* y *Elaeoluma glabrescens* incluyen tres árboles cada una. *Maclobium angustifolium* es la especie con más árboles (18), seguida de *Allantoma decandra* (11 árboles), *Ormosia macrocalyx* y *Buchenavia macrophylla*, con seis árboles cada una.

La familia Fabaceae tiene el mayor número de árboles (24), mientras que la familia Sapotaceae tiene el menor número de árboles (sólo 8), como se ve en la Figura 1.

4.2. Volumen de maderable comercial

El cuadro 2 muestra el volumen de madera comercial por especie y clase diamétrica. De un total de 184,84 m³, se registró un volumen de 10,64 m³/ha. El mayor volumen se encuentra en *Maclobium angustifolium* (52,51 m³, 3,02 m³/ha), seguido de *Allantoma decandra* (46,41 m³, 2,67 m³/ha), *Ormosia macrocalyx* (20,24 m³, 1,17 m³/ha) y *Buchenavia macrophylla* (19,78 m³, 1,14 m³/ha). Menor volumen muestra *Elaeoluma glabrescens* (11,66 m³, 0,67 m³/ha), *Caryodaphnopsis inaequalis* (11,21 m³, 0,65 m³/ha) y *Nectandra paucinervia* (7,26 m³, 0,42 m³/ha).

Cuadro 2. Volumen maderable por ha y por clase diamétrica del bosque evaluado

Especie	Volumen por clase diamétrica (m ³ /ha)						Vol. total (m ³ /ha)	Vol. total (m ³)
	40	50	60	70	80	80		
	A	A	A	A	A	A		
<i>Maclobium angustifolium</i>		1,03	1,75			0,24	3,02	52,51
<i>Allantoma decandra</i>		0,32	0,63	0,75	0,97		2,67	46,41
<i>Ormosia macrocalyx</i>		0,29	0,18	0,39	0,31		1,17	20,24
<i>Buchenavia macrophylla</i>		0,15	0,58	0,40			1,14	19,78
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>		0,27	0,21	0,43			0,91	15,78
<i>Elaeoluma glabrescens</i>			0,19	0,48			0,67	11,66
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>			0,21	0,43			0,65	11,21
<i>Nectandra paucinervia</i>	0,10	0,16	0,16				0,42	7,26
Sub total	0,10	2,23	3,91	2,88	1,52		10,64	184,84
Total general	1,75	38,67	67,95	50,05	26,43			184,84

El mayor volumen cosechable ($67,95 \text{ m}^3$, $3,91 \text{ m}^3/\text{ha}$) corresponde a la clase diamétrica entre 60 y 70 cm, seguida de 50 a 60 cm ($38,67 \text{ m}^3$, $2,23 \text{ m}^3/\text{ha}$) y 70 a 80 cm ($50,05 \text{ m}^3$, $2,88 \text{ m}^3/\text{ha}$). El menor volumen se observó en las clases diamétricas de 80 a 90 cm ($26,43 \text{ m}^3$, $1,52 \text{ m}^3/\text{ha}$) y de 40 a 50 cm ($1,75 \text{ m}^3$, $0,10 \text{ m}^3/\text{ha}$).

Las especies *Macrolobium angustifolium*, *Eschweilera coriacea* y *Allantoma decandra* obtuvieron el mayor volumen de madera, con un total de $5,69 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($98,92 \text{ m}^3$), o el 25,38% de todo el volumen de este bosque, como se muestra en la Figura 2.

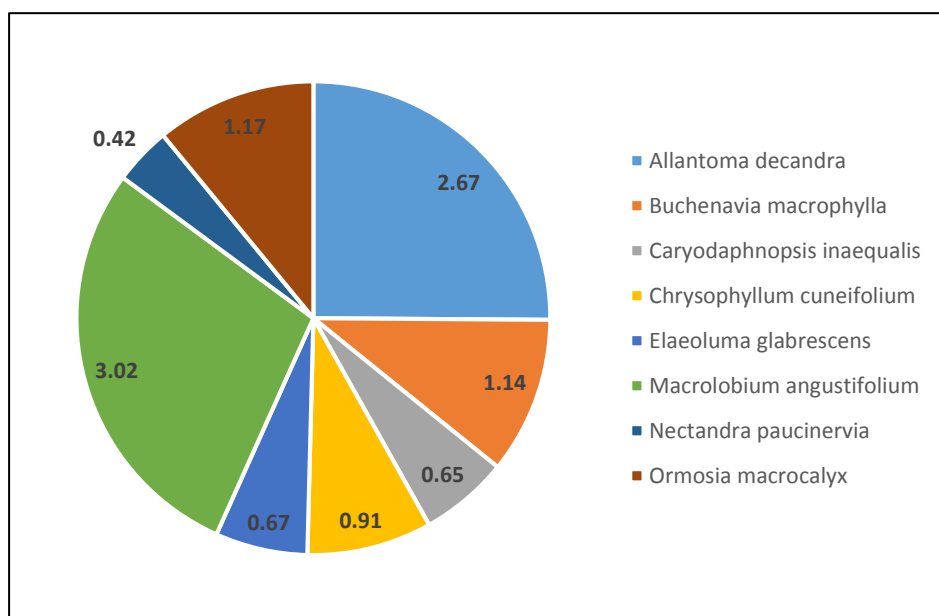


Figura 2. Volumen de madera por especie, por hectárea y global

4.3. Valor económico de la maderable comercial

Las especies comercialmente viables del valor económico de la madera del bosque evaluado se muestran en el cuadro 3 para su comparación. Cabe mencionar que los cálculos se realizaron teniendo en cuenta el precio de mercado actual de la madera rolliza en la zona. De un valor total de 1069,29 USD, el valor económico de la madera es de 585,79 USD/ha. El valor más alto corresponde a *Macrolobium*

angustifolium (234,47 USD/ha y 4070,34 USD), seguido de *Allantoma decandra* (103,61 USD/ha y 1798,60 USD) y *Ormosia macrocalyx* (90,36 USD/ha y 1568,71 USD). En cambio, el menor valor económico de la madera lo presentan *Nectandra paucinervia* (26,93 USD/ha y 467,43 USD), *Elaeoluma glabrescens* (26,02 USD/ha y 451,72 USD) y *Caryodaphnopsis inaequalis* (25,02 USD/ha y 434,32 USD).

Cuadro 3. Valor económico por especie comercial y total del bosque evaluado

Especie	Vol. (m ³)	Precio de madera rolliza (S./m ³)	Valor económico (S/.)	Valor económico USD	Valor económico (USD/HA)
<i>Maclobium angustifolium</i>	52,51	299,2	15711,50	4070,34	234,47
<i>Allantoma decandra</i>	46,41	149,6	6942,61	1798,60	103,61
<i>Ormosia macrocalyx</i>	20,24	299,2	6055,23	1568,71	90,36
<i>Buchenavia macrophylla</i>	19,78	149,6	2959,27	766,65	44,16
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	15,78	149,6	2360,46	611,52	35,23
<i>Nectandra paucinervia</i>	7,26	248,6	1804,28	467,43	26,93
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	11,66	149,6	1743,64	451,72	26,02
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	11,21	149,6	1676,48	434,32	25,02
Total general	184,84		39253,45	10169,29	585,79

(Área =17,37) USD 1 = S/.3,86 (12/02/2023)

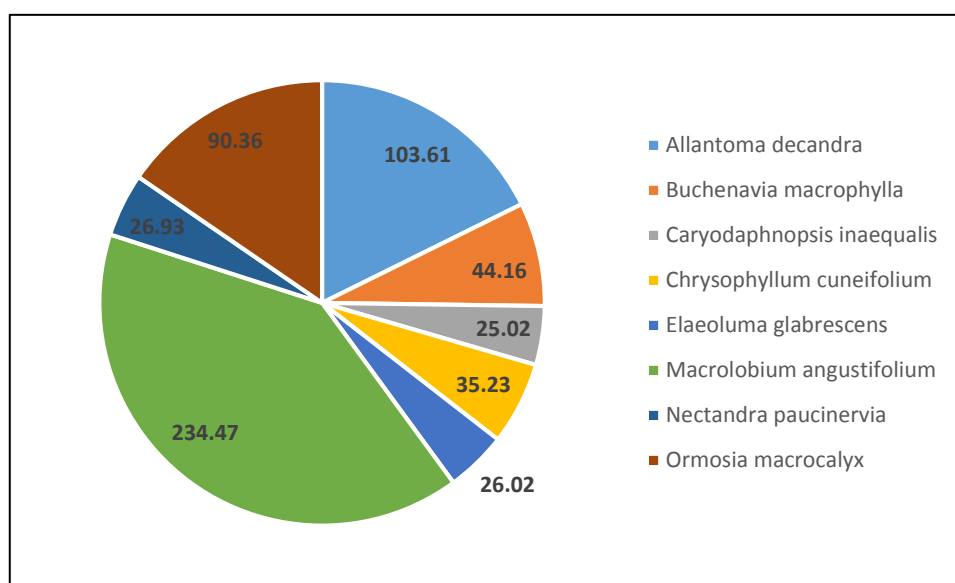


Figura 3. Valor económico por especie y por hectárea

En la Figura 3, las tres especies con mayor valor económico son *Macrolobium angustifolium* y *Allantoma decandra* con un total de 428,44 USD/ha (7437,65 USD), es decir, el 73,14% del valor económico del bosque.

4.4. Biomasa en bosques de especies de comerciales

Para el bosque de estudio, el cuadro 4 enumera la biomasa seca total, la biomasa por especies y las especies forestales comercialmente aprovechables. Los resultados muestran una biomasa de 19502,73 kg/ha de un total de 338762,46 kg, siendo *Macrolobium angustifolium* la de mayor cantidad (5713,71 kg/ha, 99247,09 kg), seguida de *Allantoma decandra* (4400,33 kg/ha, 76433,66 kg), y *Vochysia vismiifolia* (0,14 t/ha, 113,95 t). Una biomasa inferior se encuentra en las especies *Elaeoluma glabrescens* (1395,02 kg/ha, 24231,44 kg), *Caryodaphnopsis inaequalis* (1062,57 kg/ha, 18456,92 kg) y *Nectandra paucinervia* (688,17 kg/ha, 11953,52 kg). Las tres especies con mayor biomasa seca, con un total de 12 316,11 kg/ha (213 930,69 kg), son *Macrolobium angustifolium*, *Allantoma decandra* y *Vochysia vismiifolia*. Estas especies representan el 63,14% de la biomasa seca total por hectárea.

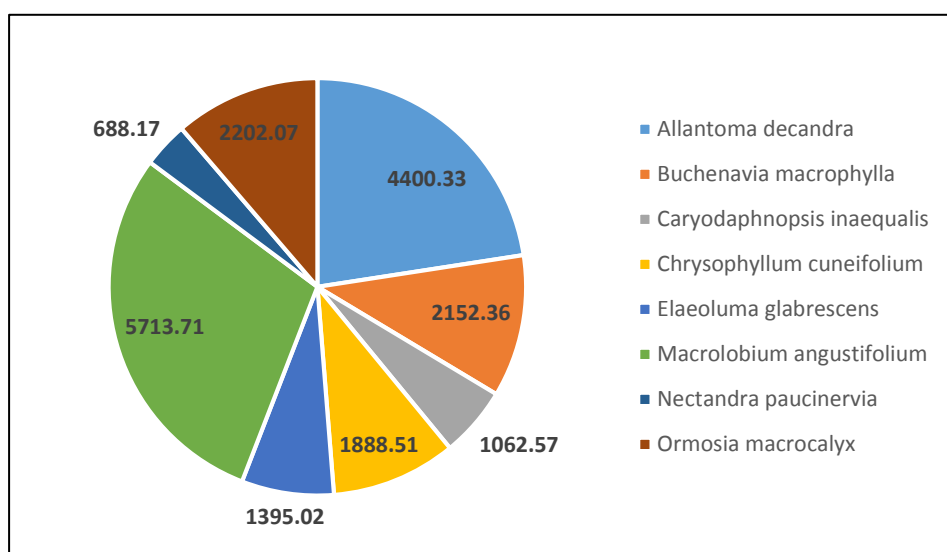


Figura 4. Biomasa seca por especie y por hectárea,

Cuadro 4. Biomasa seca total y por especies en el bosque de colina baja

Especie	Nro. de árboles	Densidad básica (kg/m ³)	AB prom. (m ²)	HC prom. (m)	VC total (m ³)	Biomasa aérea (kg)	Biomasa radicular (kg)	Biomasa total (kg)	Biomasa total (kg/ha)
<i>Maclobium angustifolium</i>	18	700	3,36	14,06	52,51	82705,91	16541,18	99247,09	5713,71
<i>Allantoma decandra</i>	11	610	2,47	15,27	46,41	63694,72	12738,94	76433,66	4400,33
<i>Ormosia macrocalyx</i>	6	700	2,67	13,50	20,24	31874,95	6374,99	38249,94	2202,07
<i>Buchenavia macrophylla</i>	6	700	3,01	14,67	19,78	31155,38	6231,08	37386,46	2152,36
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	5	770	3,28	15,20	15,78	27336,19	5467,24	32803,43	1888,51
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	3	770	2,70	15,33	11,66	20192,87	4038,57	24231,44	1395,02
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	3	610	2,59	14,00	11,21	15380,76	3076,15	18456,92	1062,57
<i>Nectandra paucinervia</i>	3	610	4,13	14,67	7,26	9961,27	1992,25	11953,52	688,17
Total	55				184,84	282302,05	56460,41	338762,46	19502,73

AB = Área basal; Hc = Altura comercial; Vc = Volumen comercial.

4.5. Stock de carbono en las especies forestales comerciales

En el cuadro 5 figuran los valores de las reservas de carbono para todas las especies comerciales, así como para el total del bosque. Los resultados muestran una reserva de carbono de 9,75 tC/ha de un total de 169,38 tC, donde *Macrolobium angustifolium* (2,86 tC/ha, 49,62 tC) obtuvo la mayor reserva de carbono, seguido de *Allantoma decandra* (2,20 tC/ha, 38,22 tC), *Ormosia macrocalyx* (1,10 tC/ha, 19,12 tC), y *Buchenavia macrophylla* (1,08 tC/ha, 18,69 tC); las especies *Caryodaphnopsis inaequalis* y *Caryodaphnopsis inaequalis* presentan una reserva de carbono menor.

Cuadro 5. Stock de carbono por especie y total del bosque evaluado

Especie	Biomasa total (kg)	Stock de carbono (tC)	Stock de carbono (tC/ha)
<i>Macrolobium angustifolium</i>	99247,09	49,62	2,86
<i>Allantoma decandra</i>	76433,66	38,22	2,20
<i>Ormosia macrocalyx</i>	38249,94	19,12	1,10
<i>Buchenavia macrophylla</i>	37386,46	18,69	1,08
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	32803,43	16,40	0,94
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	24231,44	12,12	0,70
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	18456,92	9,23	0,53
<i>Nectandra paucinervia</i>	11953,52	5,98	0,34
Total	338762,46	169,38	9,75

Según la figura 5, las especies *Macrolobium angustifolium* y *Allantoma decandra* tienen las mayores reservas de carbono, con un total de 5,06 tC/ha (87,84 tC) o el 51,86% del total de carbono almacenado por hectárea.

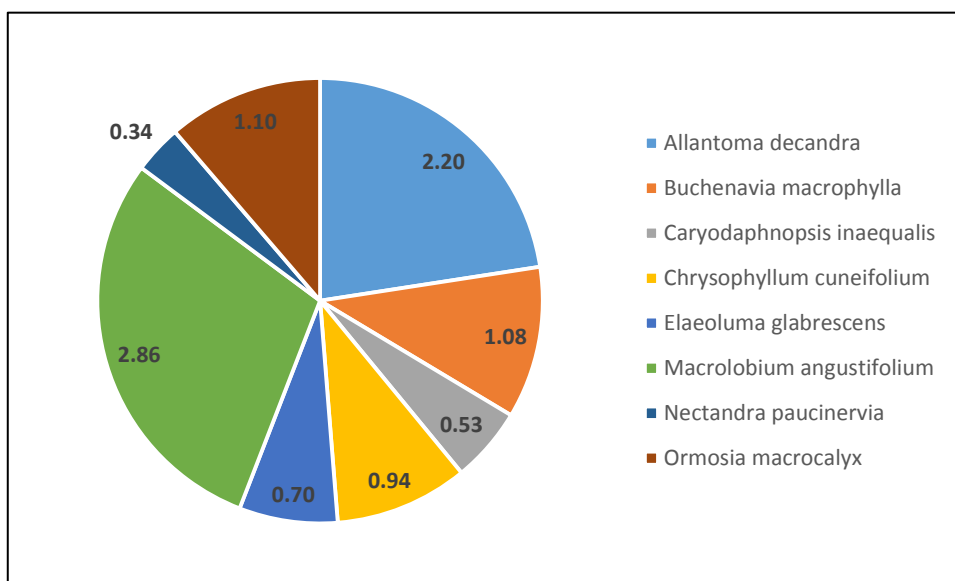


Figura 5. Reservas de carbono por especie y por hectárea

4.6. Secuestro de CO₂ por las especies forestales comerciales

Los valores de secuestro de CO₂ por especies comerciales se muestran en el cuadro 6 como un servicio medio ambiental. De acuerdo con los resultados, de un total de 626,71 tCO₂, 36,08 tCO₂/ha de CO₂ son secuestradas, siendo *Macrolobium angustifolium* la especie que más CO₂ secuestra (10,57 tCO₂/ha, 183,61 tCO₂), seguida de *Allantoma decandra* (8,14 tCO₂/ha, 141,40 tCO₂) y *Ormosia macrocalyx* (4,07 tCO₂/ha, 70,76 tCO₂). Hay menos CO₂ en las especies *Caryodaphnopsis inaequalis* (1,97 tCO₂/ha, 34,15 tCO₂), *Nectandra paucinervia* (1,27 tCO₂/ha, 22,11 tCO₂) y *Elaeoluma glabrescens* (2,58 tCO₂/ha, 44,83 tCO₂).

Según la figura 6, las especies *Macrolobium angustifolium*, *Allantoma decandra* y *Ormosia macrocalyx* secuestran más dióxido de carbono (CO₂) que las demás plantas, produciendo un total de 22,78 tCO₂/ha (395,77 tCO₂), es decir, un 63,15% de secuestro de CO₂/ha.

Cuadro 6. Secuestro de CO₂ por especie y total del bosque evaluado

Especie	Estock de carbono (tC)	Secuestro de (CO ₂) (tCO ₂)	Secuestro de (CO ₂) (tCO ₂ /ha)
<i>Maclobium angustifolium</i>	49,62	183,61	10,57
<i>Allantoma decandra</i>	38,22	141,40	8,14
<i>Ormosia macrocalyx</i>	19,12	70,76	4,07
<i>Buchenavia macrophylla</i>	18,69	69,16	3,98
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	16,40	60,69	3,49
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	12,12	44,83	2,58
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	9,23	34,15	1,97
<i>Nectandra paucinervia</i>	5,98	22,11	1,27
Total	169,38	626,71	36,08

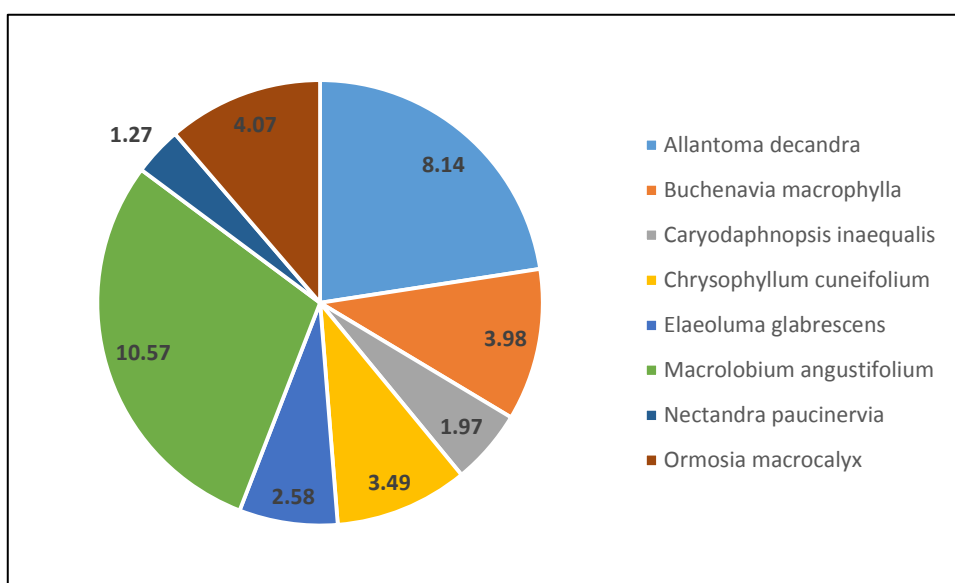


Figura 6. Secuestro de CO₂ por especie y por hectárea

4.7. Valor económico del secuestro de CO₂ por especies comerciales

Multiplicando la cantidad de CO₂ secuestrado por el precio de referencia del CO₂ proporcionado por SENDECO2 (96,01 USD), se calculó el valor económico del secuestro de CO₂ por especie comercial y para el bosque total (Cuadro 7). Además, el valor económico del servicio para el bosque total es de 60170,48 USD (3464,05 USD por ha). El mayor valor económico del CO₂ se encuentra en las especies *Maclobium angustifolium* (USD 17628,12, USD/ha 1014,86), *Allantoma decandra* (USD 13576,03, USD/ha 781,58), y *Ormosia macrocalyx* (USD 6793,90, USD/ha

391,13); sin embargo, el menor valor económico se encuentra en *Elaeoluma glabrescens* (USD 4303,95, USD/ha 247,78), *Caryodaphnopsis inaequalis* (USD 3278,29, USD/ha 188,73) y *Nectandra paucinervia* (USD 2123,17, USD/ha 122,23).

La Figura 7 demuestra que las especies *Macrolobium angustifolium*, *Allantoma decandra* y *Ormosia macrocalyx* producen un total de 2187,57 tCO₂/ha (37 998,05 tCO₂), o el 63,15% del valor económico del secuestro de CO₂, y tienen el mayor valor económico de CO₂.

Cuadro 7. Valor económico del servicio ambiental de secuestro de CO₂ por especie

Especie	Secuestro de CO ₂ (tCO ₂)	Precio CO ₂ (USD/tCO ₂)	Valor económico del secuestro CO ₂ (USD)	Valor económico del secuestro de CO ₂ (USD/ha)
<i>Macrolobium angustifolium</i>	183,61	96,01	17628,12	1014,86
<i>Allantoma decandra</i>	141,40	96,01	13576,03	781,58
<i>Ormosia macrocalyx</i>	70,76	96,01	6793,90	391,13
<i>Buchenavia macrophylla</i>	69,16	96,01	6640,53	382,30
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	60,69	96,01	5826,50	335,43
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	44,83	96,01	4303,95	247,78
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	34,15	96,01	3278,29	188,73
<i>Nectandra paucinervia</i>	22,11	96,01	2123,17	122,23
Total	626,71		60170,48	3464,05

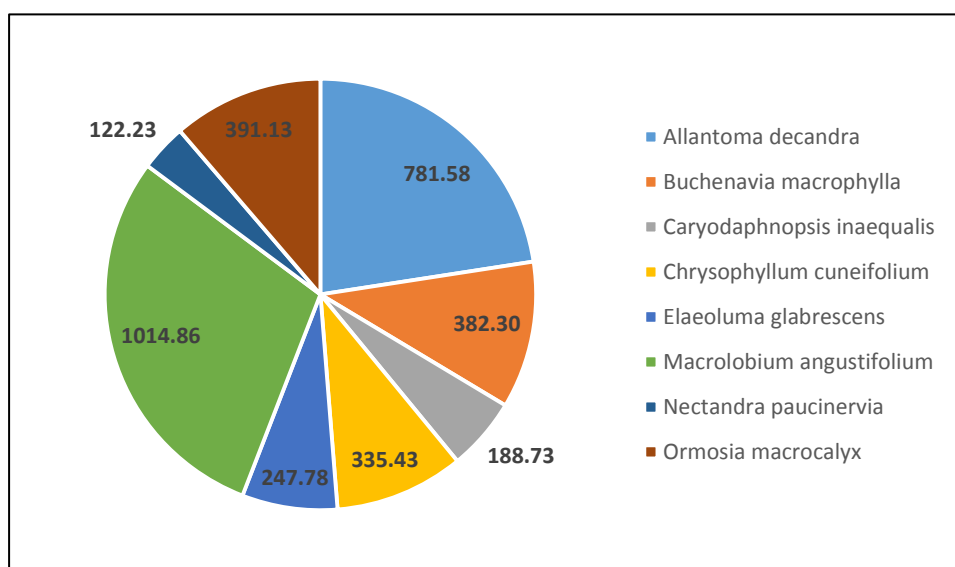


Figura 7. Valor económico del servicio medioambiental del secuestro de CO₂ por especie y por hectárea

La figura 7 muestra a las especies *Macrobium angustifolium*, *Allantoma decandra* y *Ormosia macrocalyx* con mayor valor económico de CO₂ hacen un total de 2187,57 tCO₂/ha (37 998,05 tCO₂) que constituye el 63,15% del valor económico de secuestro de CO₂.

4.8. Comparación de los beneficios económicos del secuestro de CO₂ y la ganancia neta de la venta de madera rolliza

El cuadro 7 compara el valor económico del servicio de secuestro de CO₂ proporcionado por las especies comerciales del bosque evaluado con los ingresos netos de la venta de madera rolliza (Cuadro 3). Las ventas de madera rolliza generaron un beneficio neto de 5593,11 USD (Cuadro 8). Mientras que los ingresos del servicio de secuestro de CO₂ ascienden a 42 119,34 USD como consecuencia de deducir el costo del censo forestal (30%) (Arimuya, 2022, p. 29), esta cifra se obtuvo restando los ingresos de las ventas del costo de extracción de la madera (45%) (Arimuya, 2022, p. 29). Como resultado, al comparar los dos beneficios, se puede demostrar que el servicio de secuestro de CO₂ tiene una diferencia positiva de 36 526,23 USD. Por lo tanto, se podría argumentar que es preferible conservar el bosque mientras se proporciona la función de secuestro de CO₂.

Cuadro 8. Comparación de la ganancia neta de la venta de madera rolliza de especies comerciales y el valor económico del secuestro de CO₂

Flujo de caja	Venta de madera rolliza (USD)	Valor económico del secuestro de CO ₂ (USD)
Total ingresos	10 169,29	60170,48
Total egresos	4576,18	18 051,14
Beneficio neto	5593,11	42 119,34
Diferencia: 42 119,34 – 5593,11		36 526,23

4.9. Análisis estadístico

4.9.1. Prueba de normalidad

El cuadro 9 muestra los resultados de la prueba de normalidad de los datos (basados en el DAP y la altura comercializable) para el bosque de colina baja. Se observa que los datos no son normales porque el *p-valor* para este bosque ($p = 0,00$) es inferior a $\alpha = 0,05$. Para realizar las comparaciones, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Cuadro 9. Prueba de normalidad de los datos recogidos en el bosque de colina baja

	Pruebas de normalidad		
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
DAP	0,090	55	0,000
Altura comercial	0,209	55	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

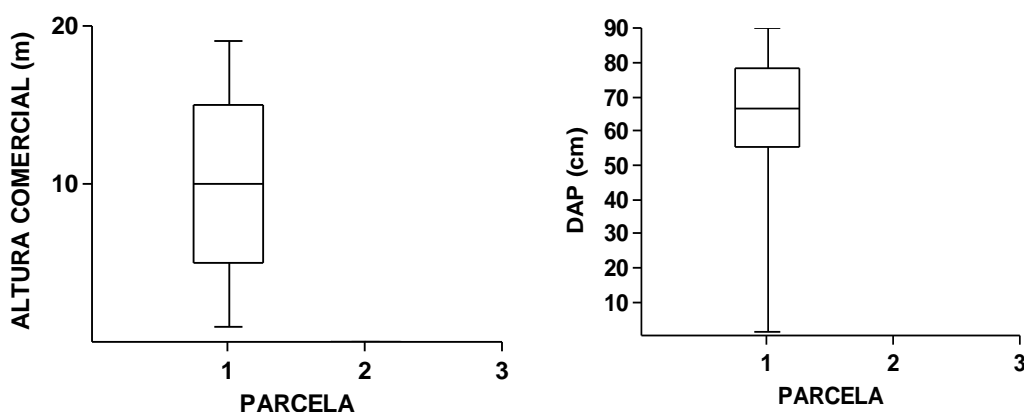


Figura 8. Diagrama de caja de bigotes para el DAP y altura comercial

Podemos deducir del diagrama de cajas y bigotes de la figura 9 que los datos sobre el valor económico del secuestro de CO₂ en la población no siguen una distribución normal, ya que la mediana, no divide la caja en dos partes iguales.

4.9.2. Prueba de hipótesis

Los cuadros 10 y 11 muestran los resultados de la prueba de hipótesis no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar el valor económico del volumen de madera con el valor económico del secuestro de CO₂. Como puede observarse al comparar las medias de los parámetros analizados, el valor económico del secuestro de CO₂ tiene un rango medio mayor de 12,25 USD y el valor económico del volumen de madera tiene un rango medio menor de 4,75 USD.

La prueba Chi-cuadrado indica que el p-valor del comparador es 0,002 inferior al nivel de significación de 0,05. Como resultado de este hallazgo, finalmente se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, según la cual existe una diferencia significativa entre el valor económico medio del volumen de madera y el valor económico del secuestro de CO₂ en el bosque de colina baja, a un nivel de significación $\alpha = 0,05$.

Cuadro 10. Entre el valor económico del volumen de madera y el valor económico del secuestro de CO₂, se realizó una prueba de hipótesis no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Rangos			
	Valor económico	N	Rango promedio
Especies	Volumen maderable	8	4,75
	Secuestro de CO ₂	8	12,25
	Total	16	

Cuadro 11. Prueba de Chi-cuadrado

Estadísticos de contraste ^{a,b}	
	Valor económico
Chi-cuadrado	9,926
gl	1
<i>p-valor</i>	0,002

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Valor económico

CAPITULO V: DISCUSIÓN

5.1. Valor económico del volumen maderable

El valor económico del volumen de madera de las especies forestales comerciales se muestra en el cuadro 3 y equivale a 1069,29 USD (585,79 USD/ha). Las especies *Macrolobium angustifolium* y *Allantoma decandra* presentan el valor más elevado, con un total de 5868,94 USD y 338,08 USD/ha, respectivamente, es decir, el 18,09%. *Nectandra paucinervia*, *Elaeoluma glabrescens* y *Caryodaphnopsis inaequalis*, por su parte, presentan un valor menor, con un total de 1353,47 USD y 77,97 USD/ha, es decir, el 13,31% del total. Según Arirama, (2021, p. 28), las 20 especies del bosque de colina baja con mayor valor económico presentan 250 892,15 USD, es decir, el 61,81% del importe total de 405 939,76 USD. También demuestra que las especies con mayor valor económico son *Eschweilera* sp. (34 566,40 USD) y *Virola sebifera* (27 634,84 USD), con 8,52% y 6,81%, respectivamente; mientras que Riofrio, (2017, p. 42), señala que el bosque de terraza baja con drenaje pobre tuvo el valor económico más bajo, con 520,88 USD/ha, es decir, el 64,90% del valor total de 802,09 USD/ha. El bosque de terraza baja con drenaje moderado tiene el mayor valor económico, con 337,88 USD/ha, es decir, el 62,14% del valor total de 543,73 USD/ha. Los bosques de terraza baja con drenaje extremadamente pobre producen la especie *Otoba glycyarpa*, "cumala aguanillo", que tiene el mayor valor económico (44,14 USD/ha); en cambio, los bosques de terraza baja con drenaje moderado producen *Virola albidiflora*, "cumala", que tiene un valor de 29,27 USD/ha. Estos resultados demuestran que *Macrolobium angustifolium* y *Allantoma decandra* son las dos especies forestales comerciales más importantes de esta zona debido a la alta calidad y al amplio uso de su madera. Los resultados demuestran que el valor económico de las especies

forestales comerciales, medido en términos de volumen de madera, puede variar significativamente en función de la ubicación y las condiciones ambientales. Estos factores pueden explicarse por la composición florística, los problemas medioambientales y la demanda del mercado. Es importante salvaguardar las especies forestales comerciales más valiosas contra la tala ilícita y el uso excesivo. El desarrollo de estrategias para aumentar la producción de estas especies es esencial para la viabilidad a largo plazo de la región y la economía local. Para conseguirlo, se podrían utilizar programas de reforestación y restauración para impulsar la producción de especies forestales comerciales, fomentar el uso sostenible de las especies e implantar programas de vigilancia y control para evitar la tala ilegal y la sobreexplotación. Estas acciones podrían contribuir a garantizar que los bosques de esta región sigan proporcionando a las generaciones futuras una fuente de riqueza ecológica y económica.

5.2. Valor económico del secuestro de CO₂

El valor económico del secuestro de CO₂ por especies comerciales se muestra en el cuadro 7. El valor económico del servicio se estima en 60170,48 USD (o 3464,05 USD por hectárea). También demuestran un mayor valor económico *Macrolobium angustifolium* y *Allantoma decandra*, con valores totales de 31 204,15 USD y 1 796,44 USD/ha, respectivamente, que representan el 51,86% del total; por el contrario, *Caryodaphnopsis inaequalis* y *Nectandra paucinervia* reportan un valor inferior, con valores totales de 5 401,46 USD y 310,96 USD/ha, respectivamente, Sánchez (2016, p. 36), estima el valor económico en 29 290,52 USD. Las especies con mayor valor comercial, con un total de 22 046,14 USD, son *Virola albidiflora*, *Brosimum rubescens*, *Apuleia leiocarpa*, *Parkia igneiflora* y *Ceiba pentandra*; las especies con menor valor económico, con un total de 743,83 USD y (1916,48 USD),

son *Simarouba amara* y *Cedrela odorata*; por otra parte Sosa, (2016, p. 46), el bosque de terraza baja recibe el 80,44% del total de 4583,77 USD/ha, colina alta el 88,34% del total de 4660,22 USD/ha, y colina baja el 82,33% del total de 4583,77 USD/ha. Para los bosques de terraza baja, *Inga ingoides* "shimbillo" tiene el mayor valor económico por hectárea (356,21 USD/ha), seguido de *Eschweilera gigantea* "machimango negro" (848,68 USD/ha) y *Tachigali tessmannii* "tangarana" (793,86 USD/ha) para el bosque de colina baja. Entre otras cosas, esta variación podría estar influida por los diversos tipos de bosque, lugares de investigación, circunstancias medioambientales, actividades humanas, técnicas de modelización alométrica y evaluaciones mínimas del DAP.

Los resultados de este estudio sugieren que la capacidad de las especies comerciales para almacenar CO₂ puede tener una gran importancia económica. También se señala que el valor del servicio varía según la especie y el tipo de bosque. Esta información puede utilizarse para ayudar a crear programas de compensación de carbono y tomar decisiones sobre cómo mantener los bosques. Dado el gran valor económico del secuestro de CO₂, los bosques pueden tener un impacto significativo en la reducción del cambio climático. También se indica que las distintas especies y tipos de bosque tienen diferentes valores de servicio. Esto implica que es crucial tener en cuenta las características únicas de un bosque a la hora de evaluar su capacidad para almacenar carbono. Además, el valor económico del secuestro de CO₂ puede ser superior al valor de mercado de la madera. Esto implica que los propietarios pueden recibir beneficios económicos por gestionar sus bosques para almacenar carbono. En general, se concluye que el manejo de los bosques y la mitigación del cambio climático deberían tener en cuenta el potencial económico del secuestro de CO₂ por especies comerciales.

Los propietarios de los bosques pueden estimar la capacidad de sus bosques para almacenar carbono y aportar dinero utilizando estos conocimientos. Esta información puede ser utilizada por los gobiernos en general para crear normativas que promuevan la mitigación del cambio climático y el manejo forestal sostenible. Las empresas pueden utilizar esta información para evaluar el impacto medioambiental de sus actividades y establecer estrategias de mitigación del cambio climático. Por último, la información de este estudio puede ayudar a promover el manejo forestal sostenible y la mitigación del cambio climático.

5.3. Beneficios económicos del secuestro de CO₂ frente a los de la tala comercial de madera

La tabla 8 contrasta los ingresos procedentes de la venta de madera en rollo con el valor económico del servicio medioambiental de secuestro de CO₂ ofrecido por las especies comerciales identificadas durante el censo forestal. El servicio de secuestro de CO₂ tiene un valor económico de 42 119,34 USD frente al valor económico de la venta de madera rolliza de 5593,11 USD.

Cuando se comparan los dos beneficios, un ahorro de 36 526,23 USD favorece la reducción de CO₂, lo que indica que es preferible conservar el bosque por sus beneficios ambientales. Según Sánchez, (2016, p. 39), existe una diferencia de 17 439,51 USD a favor del secuestro de CO₂ al comparar el valor de 29 290,52 USD del secuestro de CO₂ con el beneficio neto de 11 851,01 USD de la venta de madera aserrada; mientras que Vasquez, (2019, p. 56), manifiesta que la comparación de los beneficios netos muestra que el bosque de terraza alta proporciona una discrepancia de 1 340 670,47 USD a favor del servicio de secuestro de CO₂, mientras que el bosque de terraza baja proporciona un exceso de 1 021 426,04

USD a favor del servicio. En comparación, el costo de un censo forestal mientras se almacena dióxido de carbono sólo es alrededor del 30% en un caso. Esto se debe a que los costos de combustible y lubricantes, maquinaria y equipos, alimentos, mano de obra y transporte cuando se utilizan especies comerciales representan entre el 40% y el 50% del beneficio de las ventas.

Cuando el bosque se utiliza con fines económicos, los árboles comerciales que se extraen deben cumplir los criterios del diámetro mínimo de corta (DMC); una vez talados, estos árboles desaparecen del bosque y producen una fuente de ingresos distinta. No se tala ningún árbol, sino que el bosque queda en pie y vivo, y sigue almacenando y secuestrando carbono año tras año. Es más, como los bosques actúan como sumideros de carbono, almacenándolo al tiempo que liberan oxígeno, el bosque nunca pierde su valor económico como secuestrador de CO₂.

Los resultados del estudio implican que los bosques ofrecen muchas ventajas medioambientales que los mercados convencionales no tienen en cuenta. En segundo lugar, implica que la conservación de estos bosques podría ser un enfoque práctico para atenuar el cambio climático y en tercer lugar, se determina que, a la hora de decidir cómo utilizar la tierra, los gobiernos y las empresas deberían tener en cuenta las ventajas medioambientales de los bosques. Finalmente, los resultados económicos muestran que la conservación de los bosques es una inversión rentable a largo plazo.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

1. Se contaron un total de 55 árboles, que se clasificaron en ocho especies forestales comerciales y cinco grupos botánicos. Combretaceae (macrophylla) y Moraceae (decandra) tienen una especie cada una.
2. La madera tiene un valor de 10169,29 USD en el mercado (o 585,79 USD por hectárea). *Macrolobium angustifolium* (234,47 USD/ha y 4070,34 USD), *Allantoma decandra* (103,61 USD/ha y 1798,60 USD) y *Ormosia macrocalyx* (90,36 USD/ha y 1568,71 USD) son las especies con mayor valor.
3. El secuestro de CO₂ tiene un valor económico de 60170,48 USD (3464,05 USD/ha). Otras especies con mayor valor económico son *Macrolobium angustifolium* (17628,12 USD, 1014,86 USD/ha), *Allantoma decandra* (13576,03 USD, 781,58 USD/ha) y *Ormosia macrocalyx* (6793,90 USD, 391,13 USD/ha).
4. La comparación del valor económico del secuestro de CO₂ con la ganancia neta de las ventas de madera rolliza revela una diferencia de 36 526,23 USD a favor del servicio de secuestro de CO₂.
5. La hipótesis alternativa, según la cual existe una diferencia significativa en las medias del valor económico del volumen de madera y del valor económico del secuestro de CO₂ en el bosque de colina baja, se acepta porque la prueba Chi-cuadrado produjo un *p-valor* = 0,002 inferior a = 0,05, rechazando la hipótesis nula.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

1. Mantener el bosque de colina baja y venderlo en el mercado del carbono, idealmente en el mercado europeo a través de SENDECO₂, con el fin de generar ingresos para elevar el nivel de vida de los habitantes afectados.
2. Determinar el valor del servicio de secuestro de CO₂ evaluando todas las especies forestales con un DAP mayor o igual a 10 cm.

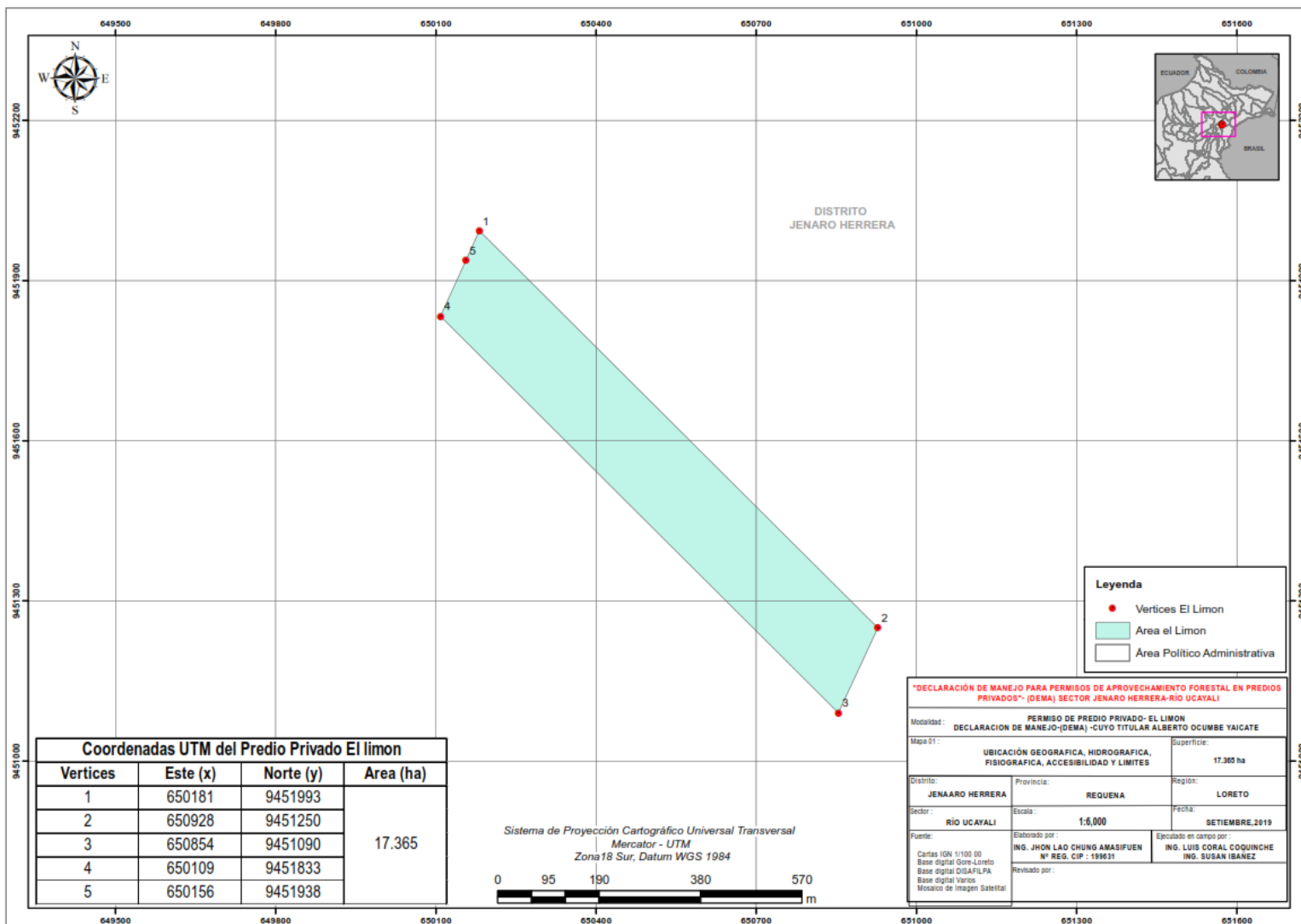
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arimuya, K. M. (2022). Valor económico del volumen maderable y valor económico del secuestro de CO₂ en un bosque de terraza baja del distrito de Andoas, Loreto. 2022.
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/8548>
- Arirama, V. S. (2021). Valoración económica del secuestro de CO₂ de un bosque de colina baja en la cuenca del río Mazán, Loreto, Perú. 2019.
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7600>
- Dauber, E., Teran, J., & Guzmán, R. (2006). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1(1), 10.
- Espíritu Pezantes, J. M. (2021). Valoración económica del servicio de secuestro de CO₂ en dos tipos de bosque de los ríos Cochiquinas y Yavari, Ramón Castilla Loreto Perú 2021. 140.
- Honorio, E., & Baker, T. (2009). Taller de análisis estadístico para apoyar el diseño de inventario de carbono.
http://www.iiap.org.pe/Upload/Taller_CARBONO/Dia_1/Tema%202b%20Charla_EI%20ciclo%20del%20carbono.ppt
- Lino, K. (2009). Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytia, Ucayali, Perú. Universidad Nacional de Ucayali.
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2118>
- Medina, C. E., Medina, Y. K., Bocardo, E. F., Medina, C. E., Medina, Y. K., & Bocardo, E. F. (2020). Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. *Bosque (Valdivia)*, 41(2), 165-172. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165>
- MINAM. (2015). Guía de inventario de flora y vegetación.
<https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2683-guia-de-inventario-de-la-flora-y-vegetacion>

- Miranda, I. A. (2018). Valoración económica del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca, Huancavelica, Perú—2017. Universidad Continental, 295.
- Orihuela, W. B., & Gurmendi Porras, C. G. (2019). Valoración económica de la reserva de carbono de Escallonia resinosa (Ruiz & Pav.) Pers. En San Pedro de Saños y Pucará. Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5320>
- Palacios , M. L. (2017). Evaluación del almacenamiento de carbono como servicio ecosistémico en bosques de manglar de la Costa Pacífica Colombiana [Universidad Nacional Del Valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/14485/CB-0576447.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pesantez, W. A. (2015). Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea de una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*), en la Parroquia Río Blanco, Cantón Morona [Universidad Nacional de Loja]. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/9969>
- PROFONANPE. (2007). Inventarios Forestales. Componente temático para la mesozonificación ecológica y económica de las cuencas de los ríos Pastaza y Morona.
- Quispe, W. (2010). Estructura horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionario en la región Madre de Dios. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD, 98.
- Rae y Asale. (2010). Ortografía (1.^a ed.). Espasa. <https://www.rae.es/obras-academicas/ortografia/ortografia-2010>
- Reynaga, M. (2013). Situación del Perú a nivel mundial en relación al bosque natural. <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/Tallares/6-Criterios-medicion-arbol-en-Pie%20.pdf>
- Riofrio, G. R. G. (2017). Valoración económica del secuestro de CO₂ en dos tipos de bosque en el distrito de Urarinas, Loreto—Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 84.

- Rügnitz, M. T. (2011). Aprendiendo sobre Pagos por Servicios Ambientales. Fundamentos para la elaboración de proyectos de carbono forestal. 61.
- Sánchez, H. E. (2016). Valoración económica del secuestro de CO₂ por diez especies comerciales de la PCA 20 de la concesión forestal 16-IQU/C-J-060-04, río Yavarí Mirím, Ramón Castilla, Perú. 2015. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 97.
- Sosa, J. O. (2016). Valoración económica del secuestro de CO₂ en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú-2014. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 94.
- Soto, C. F. (2018). Evaluación de la generación de dióxido de carbono en la carretera central producto a la actividad de transporte que contribuye al calentamiento global del planeta en las regiones de Pasco y Junin. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 71.
- Torres, J. M. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: Captura de carbono y desempeño hidráulico. 63, 40-59.
- Vasquez, S. A. (2019). Valoración económica del secuestro de CO₂ en dos tipos de bosque del distrito de Mazan, Loreto. 2018. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 126.
- Vega, G. (2016). Estimación del carbono en la biomasa aérea del sistema agroforestal tradicional de las comunidades nativas bora, región loreto – Perú. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, 66.
- Zanne, A. E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D. E., Coomes, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Miller, N. G., Wiemann, M. C., & Chave, J. (2009). Global wood density database. <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

ANEXOS



Anexo 1. Mapa de ubicación del bosque de colina baja del distrito de Jenaro Herrera, Loreto. 2022

Anexo 2. Identificación botánica de las especies comerciales



UNAP

Centro de Investigación de
Recursos Naturales
Herbarium Amazonense - AMAZ

INSTITUCION CIENTIFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO
CODIGO DE AUTORTIZACION AUT-ICND-2017-005

CONSTANCIA

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del CIRNA, de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

HACE CONSTAR:

Que, las muestras botánicas presentada por **ANGELA FERNANDEZ PANDURO**, bachiller de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales, **Facultad de Ciencias Forestales**, de la **Universidad Nacional de la Amazonia Peruana**, pertenecen a la tesis titulado: "**VALOR ECONÓMICO DEL VOLUMEN MADERABLE Y DEL SECUESTRO DE CO₂, DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA DEL PREDIO PRIVADO EL LIMÓN, DISTRITO DE JENARO HERRERA, LORETO. 2022**", han sido **DETERMINADAS** en este Centro de Investigación y Enseñanza, **Herbarium Amazonense-AMAZ**, Centro de Investigación de Recursos Naturales-CIRNA-UNAP, como se indica a continuación:

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Azucar huayo	<i>Macrolobium angustifolium</i> (Benth.) R. Cowan	Fabaceae
Caimitillo	<i>Chrysophyllum cuneifolium</i> (Rudge) A. DC.	Sapotaceae
Huayruro	<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke	Fabaceae
Moena	<i>Nectandra paucinervis</i> Coe-Teix.	Lauraceae
Palta moena	<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i> (A. C. Sm.) van der Werff & H. G. Richt.	Lauraceae
Papelillo	<i>Allantoma decandra</i> (Ducke) S.A.Mori, Ya Y.Huang & Prance	Moraceae
Quinilla	<i>Elaeoluma glabrescens</i> (Mart. & Eichler) Aubrév.	Sapotaceae
Yacushapana	<i>Buchenavia macrophylla</i> Spruce ex Eichler	Combretaceae

Se expide la presente constancia a la interesada, para los fines que estimen conveniente.

Atentamente,

Iquitos, 26 de enero, 2023


Richard J. Huaranca Acostupa
Coordinador Herbarium Amazonense



Anexo 3. Base de datos del censo forestal

N° Orden	N° de Predio	Especie	Dap (cm)	HC (m)
1	EL LIMON	Huayruro	68	12
2	EL LIMON	Moena	65	12
3	EL LIMON	Caimitillo	72	12
4	EL LIMON	Papelillo	82	12
5	EL LIMON	Moena	46	17
6	EL LIMON	Quinilla	70	18
7	EL LIMON	Palta moena	72	18
8	EL LIMON	Azucar huayo	63	12
9	EL LIMON	Azucar huayo	54	10
10	EL LIMON	Caimitillo	57	12
11	EL LIMON	Azucar huayo	65	14
12	EL LIMON	Azucar huayo	80	12
13	EL LIMON	Huayruro	70	12
14	EL LIMON	Papelillo	75	14
15	EL LIMON	Azucar huayo	51	18
16	EL LIMON	Azucar huayo	62	16
17	EL LIMON	Quinilla	60	17
18	EL LIMON	Yacushapana	62	17
19	EL LIMON	Azucar huayo	57	12
20	EL LIMON	Azucar huayo	60	14
21	EL LIMON	Caimitillo	70	15
22	EL LIMON	Caimitillo	60	17
23	EL LIMON	Yacushapana	73	10
24	EL LIMON	Papelillo	73	13
25	EL LIMON	Huayruro	73	12
26	EL LIMON	Azucar huayo	63	16
27	EL LIMON	Palta moena	65	16
28	EL LIMON	Palta moena	73	10
29	EL LIMON	Papelillo	90	16
30	EL LIMON	Papelillo	67	15
31	EL LIMON	Yacushapana	52	19
32	EL LIMON	Azucar huayo	56	19
33	EL LIMON	Papelillo	64	15
34	EL LIMON	Azucar huayo	68	16
35	EL LIMON	Azucar huayo	68	16
36	EL LIMON	Quinilla	75	12
37	EL LIMON	Azucar huayo	55	12
38	EL LIMON	Caimitillo	50	19
39	EL LIMON	Azucar huayo	57	12
40	EL LIMON	Azucar huayo	67	12
41	EL LIMON	Azucar huayo	68	15

42	EL LIMON	Yacushapana	63	16
43	EL LIMON	Papelillo	83	14
44	EL LIMON	Yacushapana	70	15
45	EL LIMON	Huayruro	90	12
46	EL LIMON	Papelillo	64	17
47	EL LIMON	Yacushapana	68	12
48	EL LIMON	Papelillo	52	19
49	EL LIMON	Huayruro	56	16
50	EL LIMON	Papelillo	54	17
51	EL LIMON	Azucar huayo	52	16
52	EL LIMON	Papelillo	75	16
53	EL LIMON	Huayruro	50	17
54	EL LIMON	Moena	54	17
55	EL LIMON	Azucar huayo	54	12

Anexo 4. Volumen maderable por ha y por clase diamétrica del bosque evaluado

Volumen por clase diamétrica (m ³ /ha)							
Espece	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 A 90	Vol. total (m ³ /ha)	Vol. total (m ³)
<i>Macrolobium angustifolium</i>		1,03	1,75		0,24	3,02	52,51
<i>Allantoma decandra</i>		0,32	0,63	0,75	0,97	2,67	46,41
<i>Ormosia macrocalyx</i>		0,29	0,18	0,39	0,31	1,17	20,24
<i>Buchenavia macrophylla</i>		0,15	0,58	0,40		1,14	19,78
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>		0,27	0,21	0,43		0,91	15,78
<i>Elaeoluma glabrescens</i>			0,19	0,48		0,67	11,66
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>			0,21	0,43		0,65	11,21
<i>Nectandra paucinervia</i>	0,10	0,16	0,16			0,42	7,26
Sub total	0,10	2,23	3,91	2,88	1,52	10,64	184,84
Total general	1,75	38,67	67,95	50,05	26,43		184,84

Anexo 5. Valor económico por especie comercial y total del bosque evaluado

Especie	Vol. (m ³)	Precio de madera rolliza (S./m ³)	Valor económico (S.)	Valor económico USD	Valor económico (USD/HA)
<i>Macrobium angustifolium</i>	52,51	299,2	15711,50	4070,34	234,47
<i>Allantoma decandra</i>	46,41	149,6	6942,61	1798,60	103,61
<i>Ormosia macrocalyx</i>	20,24	299,2	6055,23	1568,71	90,36
<i>Buchenavia macrophylla</i>	19,78	149,6	2959,27	766,65	44,16
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	15,78	149,6	2360,46	611,52	35,23
<i>Nectandra paucinervia</i>	7,26	248,6	1804,28	467,43	26,93
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	11,66	149,6	1743,64	451,72	26,02
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	11,21	149,6	1676,48	434,32	25,02
Total general	184,84		39253,45	10169,29	585,79

Anexo 6. Biomasa seca total y por especies en el bosque de colina baja

Especie	Nro. de árboles	Densidad básica (kg/m³)	AB prom. (m²)	HC prom. (m)	VC total (m³)	Biomasa aérea (kg)	Biomasa radicular (kg)	Biomasa total (kg)	Biomasa total (kg/ha)
<i>Macrobium angustifolium</i>	18	700	3,36	14,06	52,51	82705,91	16541,18	99247,09	5713,71
<i>Allantoma decandra</i>	11	610	2,47	15,27	46,41	63694,72	12738,94	76433,66	4400,33
<i>Ormosia macrocalyx</i>	6	700	2,67	13,50	20,24	31874,95	6374,99	38249,94	2202,07
<i>Buchenavia macrophylla</i>	6	700	3,01	14,67	19,78	31155,38	6231,08	37386,46	2152,36
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	5	770	3,28	15,20	15,78	27336,19	5467,24	32803,43	1888,51
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	3	770	2,70	15,33	11,66	20192,87	4038,57	24231,44	1395,02
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	3	610	2,59	14,00	11,21	15380,76	3076,15	18456,92	1062,57
<i>Nectandra paucinervia</i>	3	610	4,13	14,67	7,26	9961,27	1992,25	11953,52	688,17
Total	55				184,84	282302,05	56460,41	338762,46	19502,73

Anexo 7. Stock de carbono por especie y total del bosque evaluado

Especie	Biomasa total (kg)	Stock de carbono (tC)	Stock de carbono (tC/ha)
<i>Macrobium angustifolium</i>	99247,09	49,62	2,86
<i>Allantoma decandra</i>	76433,66	38,22	2,20
<i>Ormosia macrocalyx</i>	38249,94	19,12	1,10
<i>Buchenavia macrophylla</i>	37386,46	18,69	1,08
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	32803,43	16,40	0,94
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	24231,44	12,12	0,70
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	18456,92	9,23	0,53
<i>Nectandra paucinervia</i>	11953,52	5,98	0,34
Total	338762,46	169,38	9,75

Anexo 8. Secuestro de CO₂ por especie y total del bosque evaluado

Especie	Estock de carbono (tC)	Secuestro de (CO₂) (tCO₂)	Secuestro de (CO₂) (tCO₂/ha)
<i>Macrobium angustifolium</i>	49,62	183,61	10,57
<i>Allantoma decandra</i>	38,22	141,40	8,14
<i>Ormosia macrocalyx</i>	19,12	70,76	4,07
<i>Buchenavia macrophylla</i>	18,69	69,16	3,98
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	16,40	60,69	3,49
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	12,12	44,83	2,58
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	9,23	34,15	1,97
<i>Nectandra paucinervia</i>	5,98	22,11	1,27
Total	169,38	626,71	36,08

Anexo 9. Valor económico del servicio ambiental de secuestro de CO₂ por especie

Especie	Secuestro de CO₂ (tCO₂)	Precio CO₂ (USD/tCO₂)	Valor económico del secuestro CO₂ (USD)	Valor económico del secuestro de CO₂ (USD/ha)
<i>Macrolobium angustifolium</i>	183,61	96,01	17628,12	1014,86
<i>Allantoma decandra</i>	141,40	96,01	13576,03	781,58
<i>Ormosia macrocalyx</i>	70,76	96,01	6793,90	391,13
<i>Buchenavia macrophylla</i>	69,16	96,01	6640,53	382,30
<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	60,69	96,01	5826,50	335,43
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	44,83	96,01	4303,95	247,78
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	34,15	96,01	3278,29	188,73
<i>Nectandra paucinervia</i>	22,11	96,01	2123,17	122,23
Total	626,71		60170,48	3464,05