



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

**Determinación del stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos - Picota**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Neil Rolly Arista García  
<https://orcid.org/0000-0003-2895-137X>

**Asesor:**

Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles  
<https://orcid.org/0000-0002-4594-1037>

**Código N° 6057822**

**Moyobamba, Perú**

**2023**



**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

**Determinación del stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos - Picota**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Neil Rolly Arista García

Sustentada y aprobada el día 26 de abril del 2023, por los siguientes jurados:

**Presidente de Jurado**

Ing. M.Sc. Julio César De La Rosa Ríos

**Secretario de Jurado**

Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta

**Vocal de Jurado**

Ing. M. Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz

**Asesor**

Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles

**Moyobamba, Perú**

**2023**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS  
CONDUCTENTES A TÍTULO PROFESIONAL N.º 007-2023-UNSM/EPIA/UI**

**Jurado reconocido con Resolución N.º 139-2021-UNSM/CFT/ FE de fecha 24 de mayo del 2021.**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

A las 3: 00 pm del día miércoles 26 de abril del 2023 inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **“Determinación del stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos-Picota”**; para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, presentado por **Neil Rolly Arista García**, con la asesoría del **Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por el **Ing. M.Sc. Julio César De La Rosa Rios** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta** (Secretario), **Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Diaz** (Vocal) y acompañado por el **Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 044-2022-UNSM/CFT/FE, Moyobamba, 28 de febrero del 2022.**

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluando, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue **Dieciséis (...16...)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE ECOLOGÍA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es **APROBATORIA** y correspondiente a la calificación de **BUENO**. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las *16:25* horas, el mismo día **26** de **abril** del 2023.

Ing. M.Sc. Julio César De La Rosa Ríos  
**Presidente de Jurado**

Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta  
**Secretario de Jurado**

Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz  
**Vocal del Jurado**

Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles  
**Asesor**

Neil Rolly Arista Garcia  
**Autor**

## Declaratoria de autenticidad

**Neil Rolly Arista García**, con DNI N° 70761215, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autora de la tesis titulada: **Determinación del stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos - Picota.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 26 de abril del 2023.



**Neil Rolly Arista García**  
DNI N° 70761215

## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto</b>          Determinación del stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos - Picota</p>	<p><b>Línea de investigación: Cambio Climático</b>  <b>Sublínea de investigación: Mitigación para el manejo y la conservación debido al cambio climático</b>  <b>Tipo de investigación:</b>          Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/> Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autor:</b>           Neil Rolly Arista García</p>	<p>Facultad de Ecología          Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental  <a href="https://orcid.org/0000-0003-2895-137X">https://orcid.org/0000-0003-2895-137X</a></p>
<p><b>Asesor:</b>           Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles</p>	<p>Facultad de Ecología          Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental          Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental  <a href="https://orcid.org/0000-0002-4594-1037">https://orcid.org/0000-0002-4594-1037</a></p>

## **Dedicatoria**

En primer lugar, este trabajo se lo dedico a mis queridos padres, quienes me apoyaron y brindaron todas las facilidades desde el principio hasta culminar mis estudios universitarios.

Asimismo, el presente trabajo se lo dedicó a todos mis hermanos y demás familiares, todos los cuales forman parte de cada uno de mis metas logradas y por lograr.



## **Agradecimientos**

A Dios, por brindarme salud y oportunidades profesionales en la vida.

A mis padres, hermanos y demás familiares por formar parte de esta etapa universitaria y por el apoyo incondicional a cada momento.

A mi asesor, por la predisposición y acompañamiento desde el comienzo la formulación del proyecto de tesis hasta las últimas instancias, que me permiten dar cumplimiento a una de las metas.

## Índice general

Ficha de identificación .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.2. Fundamentos teóricos .....	20
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	28
3.1.1 Contexto de la investigación .....	28
3.1.2 Periodo de ejecución.....	28
3.1.3 Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	28
3.1.4 Aplicación de principios éticos internacionales.....	28
3.2. Sistema de variables.....	28
3.2.1 Variables principales .....	28
3.3 Procedimientos de la investigación .....	29
3.3.1 Objetivo específico 1 .....	31
3.3.2 Objetivo específico 2.....	35
3.3.3 Objetivo específico 3.....	36
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
4.1 Indicadores de diversidad florística en el bosque primario del fundo Cristo Redentor... ..	38
4.1.1 Especies arbóreas identificadas en el bosque primario del fundo Cristo Redentor... ..	38
4.1.2 Familias arbóreas identificadas en el bosque primario del fundo Cristo Redentor... ..	39

4.1.3 Riqueza de especies en el bosque primario del fundo Cristo Redentor .....	40
4.1.4 Índice de Shannon-Wiener .....	41
4.1.5 Índice de Simpson .....	41
4.1.6 Índice de Jaccard .....	43
4.1.7 Abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia (IVI) de especies arbóreas identificadas en el bosque primario del fundo Cristo Redentor .....	43
4.2 Biomasa arbórea de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor .....	44
4.3 Carbono almacenado de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor .....	47
4.4 Discusión de resultados .....	49
CONCLUSIONES .....	52
RECOMENDACIONES .....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
ANEXOS .....	63

## Índice de tablas

Tabla 1 <i>Descripción de variables por objetivo específico</i> .....	29
Tabla 2 <i>Valores de interpretación del índice de Shannon-Wiener (<math>H'</math>)</i> .....	33
Tabla 3 <i>Valores de interpretación del índice de Simpson (1-D)</i> .....	33
Tabla 4 <i>Abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia (IVI) de 5 especies arbóreas más representativas</i> .....	44
Tabla 5 <i>Biomasa aérea total (t/ha) en las 5 parcelas evaluadas</i> .....	46
Tabla 6 <i>Carbono almacenado (t C/ha) en las 5 parcelas evaluadas</i> .....	49

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Superficie (ha) de deforestación en el periodo 2001 – 2020 por departamentos. ....	22
<i>Figura 2.</i> Esquema del ciclo del carbono. ....	24
<i>Figura 3.</i> Diseño de distribución de parcelas de muestreo. ....	30
<i>Figura 4.</i> Especies arbóreas identificadas. (a) Parcela 1, (b) Parcela 2, (c) Parcela 3, (d) Parcela 4 y (e) Parcela 5. ....	38
<i>Figura 5.</i> Familias arbóreas identificadas. (a) Parcela 1, (b) Parcela 2, (c) Parcela 3, (d) Parcela 4 y (e) Parcela 5. ....	40
<i>Figura 6.</i> Riqueza de especies por parcelas en el bosque primario del fundo Cristo Redentor. ....	41
<i>Figura 7.</i> Diversidad de Shannon-Wiener en el bosque primario del fundo Cristo Redentor. ....	42
<i>Figura 8.</i> Diversidad de Simpson en el bosque primario del fundo Cristo Redentor. ....	42
<i>Figura 9.</i> Similitud de especies por parcelas según Jaccard. ....	43
<i>Figura 10.</i> Biomasa arbórea total (t/ha) según especies. ....	45
<i>Figura 11.</i> Biomasa arbórea total (t/ha) de un solo individuo por especie. ....	45
<i>Figura 12.</i> Biomasa arbórea total (t/ha) según familias. ....	46
<i>Figura 13.</i> Carbono almacenado (t C/ha) según especies. ....	47
<i>Figura 14.</i> Carbono almacenado (t C/ha) de un solo individuo por especie. ....	48
<i>Figura 15.</i> Carbono almacenado (t C/ha) según familias. ....	48

## RESUMEN

### Determinación del stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos – Picota

Los bosques cumplen un rol fundamental en fijar y capturar carbono, como también en la reducción de CO<sub>2</sub> que es uno de los principales gases de efecto invernadero, mitigando de esta manera el efecto del cambio climático; asimismo, los bosques primarios tienen mayor capacidad de captura de carbono por encima de los demás tipos de bosques, por lo cual resulta importante conservarlos y protegerlos. El objetivo general fue “Determinar el stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos - Picota”. El proyecto se realizó en el bosque primario del fundo Cristo Redentor, localizado en el distrito de Tres Unidos, provincia de Picota y departamento de San Martín. El periodo de ejecución fue de 10 meses contados a partir del 01/03/2022. La población fue de 25 ha y la muestra 10 000 m<sup>2</sup> (1 ha) distribuidos en 5 parcelas de 40 x 50 m (2 000 m<sup>2</sup>) y el diseño de investigación fue descriptivo. Se realizó la identificación y medición de especies arbóreas con DAP  $\geq$  30 cm en las parcelas de 40 x 50 m y de especies arbóreas con DAP  $\geq$  10 cm en las parcelas de 20 x 20 m, para ello se empleó una forcípula y ficha de recolección de datos donde se registraron las especies y sus respectivo DAP; asimismo, se determinaron indicadores de diversidad florística como riqueza de especies, índice de Shannon-Wiener, Simpson y Jaccard, abundancia, frecuencia, dominancia y el índice de valor de importancia; también, se aplicó el método no destructivo y ecuaciones alométricas para estimar la biomasa arbórea y el carbono almacenado; para procesar y analizar los datos se utilizó la estadística descriptiva con programas como Excel, SPSS Statistics y PAST 3.5. Se identificó un total de 170 individuos, perteneciente a 16 especies y 11 familias, la diversidad de Shannon-Wiener y Simpson fue alta y las especies con mayor abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia fueron: Capirona, Estoraque, Caoba, Ishpingo y Cedro; asimismo, la especie con mayor biomasa arbórea fue Capirona (63,96 t/ha) y la familia Fabaceae (68,14 t/ha), cuyo aporte de una hectárea de bosque primario fue 232,48 t/ha de biomasa arbórea; por último, Capirona (31,98 t C/ha) y Fabaceae (34,07 t C/ha) fueron la especie y familia que almacenan mayor cantidad de carbono, siendo 116,24 t C/ha de carbono el promedio de una hectárea de bosque primario. Se concluye que, las cinco especies predominantes con mayor stock de carbono fueron: *Calycophyllum spruceanum* “Capirona”, seguido de *Myroxylon balsamum* “Estoraque”, *Swietenia macrophylla* “Caoba”, *Amburana cearensis* “Ishpingo” y *Cedrela odorata* “Cedro”, que en conjunto almacenan el 73,10% del total de carbono en el bosque primario Cristo Redentor.

**Palabras clave:** Bosque primario, diversidad florística, biomasa arbórea, stock de carbono.

## ABSTRACT

Carbon stock determination in five predominant species of primary forest in the Cristo Redentor property, Tres Unidos - Picota district.

Forests play a fundamental role in fixing and capturing carbon, as well as in the reduction of CO<sub>2</sub>, which is one of the main greenhouse gases, thus mitigating the effect of climate change; moreover, primary forests have a greater capacity to capture carbon than other types of forests, which is why it is important to conserve and protect them. The general objective was to "Determine the carbon stock in five predominant species of primary forest in the Cristo Redentor property, Tres Unidos - Picota district". The project was carried out in the primary forest of the Cristo Redentor farm, located in the district of Tres Unidos, province of Picota and department of San Martín. The execution period was 10 months starting on 01/03/2022. The population consisted in 25 ha and the sample was 10 000 m<sup>2</sup> (1 ha) distributed in 5 plots of 40 x 50 m (2 000 m<sup>2</sup>) and the research design was descriptive. The identification and measurement of tree species with DBH  $\geq$  30 cm in the 40 x 50 m plots and tree species with DBH  $\geq$  10 cm in the 20 x 20 m plots was carried out using a calliper and a data collection sheet where the species and their respective DBH were recorded. Indicators of floristic diversity such as species richness, Shannon-Wiener, Simpson and Jaccard index, abundance, frequency, dominance and the importance value index were also determined. also, the non-destructive method and allometric equations were applied to estimate the tree biomass and carbon stored; descriptive statistics were used to process and analyze the data with programs such as Excel, SPSS Statistics and PAST 3.5. A total of 170 individuals were identified, belonging to 16 species and 11 families, the Shannon-Wiener and Simpson diversity was high and the species with the highest abundance, frequency, dominance and importance value index were: Capirona, Estoraque, Mahogany, Ishpingo and Cedar. Likewise, the species with the highest tree biomass was Capirona (63.96 t/ha) and the Fabaceae family (68.14 t/ha), whose contribution from one hectare of primary forest was 232.48 t/ha of tree biomass. Finally, Capirona (31.98 t C/ha) and Fabaceae (34.07 t C/ha) were the species and family that stored the greatest amount of carbon, with an average of 116.24 t C/ha of carbon per hectare of primary forest. It was concluded that the five predominant species with the highest carbon stock were: *Calycophyllum spruceanum* "Capirona", followed by *Myroxylon balsamum* "Estoraque", *Swietenia macrophylla* "Caoba", *Amburana cearensis* "Ishpingo" and *Cedrela odorata* "Cedro", which together store 73.10% of the total carbon in the primary forest Cristo Redentor.

*Keywords:* Primary forest, floristic diversity, tree biomass, carbon stock.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

A partir del siglo XX, el efecto invernadero generado por el continuo incremento de los niveles de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en la atmósfera se ha transformado en una grave problemática a nivel mundial (Griggs y Noguer, 2002). Los cambios climáticos globales y el incremento de los niveles de CO<sub>2</sub> atmosférico han generado un enfoque mayor en las técnicas de capturas de CO<sub>2</sub> y mayores esfuerzos para minimizar emisiones de CO<sub>2</sub>, por ejemplo, la reducción de emisiones por degradación y deforestación de los bosques – REDD (Correa et al., 2019).

El CO<sub>2</sub> es el gas de efecto invernadero más importante de la tierra, el cual absorbe e irradia calor y según el análisis del “laboratorio de monitoreo global de NOAA” el CO<sub>2</sub> atmosférico global en el 2021 fue 414,72 ppm (Lindsey, 2022). Está presente de forma natural en la atmósfera como parte del ciclo del carbono de la tierra, el cual está siendo alterado por las actividades humanas, agregando más CO<sub>2</sub> a la atmósfera e influyendo en la capacidad de sumideros naturales como los suelos y bosques para eliminar y almacenar CO<sub>2</sub> atmosférico (Environmental Protection Agency [EPA], 2022). Ante ello, los impactos del cambio climático requieren que la sociedad desarrolle urgentemente formas de reducir las cantidades de carbono en la atmósfera (Van Der Sande et al., 2017).

La captura de CO<sub>2</sub> es una de las tecnologías cardinales para combatir la concentración de CO<sub>2</sub> en constante aumento en la atmósfera y para abordar el cambio climático global (Ray et al., 2021), ante ello, los bosques son el sumidero de carbono más grande del mundo (Joshi et al., 2021), juegan un papel importante en el almacenamiento de carbono terrestre global en sus diferentes componentes (Van Der Sande et al., 2017), mantienen el balance global de carbono, mitigan el efecto del cambio climático local, reducen algunos problemas de salud (Nowak y Crane, 2002) y son de las mejores herramientas de captura de carbono que tenemos, actualmente al año absorben aproximadamente 16 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>, del cual alrededor de la mitad se pierde por los incendios, deforestación y otras perturbaciones (Foster, 2022).

Se consideran bosques primarios a aquellos en regeneración natural de especies arbóreas nativas, cuya dinámica, composición y estructura están dominadas por procesos evolutivos y ecológicos, comprenden alrededor del 36% (14,5 millones de km<sup>2</sup>) del patrimonio forestal del mundo (Mackey et al., 2015); no obstante, la cobertura boscosa se está perdiendo, por ejemplo, en los trópicos la pérdida de bosque primario



empeoró, resultando un 12% mayor en 2020 a comparación del año anterior (Weisse y Goldman, 2021). Por ello, la protección de los bosques primarios es fundamental porque ayuda a mitigar el cambio climático, ya que evita emisiones del uso de la tierra y el cambio de uso de la tierra, proporciona un sumidero de carbono significativo y respalda un reservorio de carbono estable (Funk et al., 2019).

El Perú, cuenta con un área de 73 millones de hectáreas de bosques que se caracterizan por presentar una amplia diversidad, donde se destacan los bosques amazónicos que engloban una mayor superficie (94%) del ámbito forestal, seguido de bosques secos (5%) y finalmente, los bosques andinos (0,5%) (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2015). Sin embargo, entre los principales problemas que padecen estos bosques azotados por humanos es la deforestación, llegando a perderse en el año 2020 una superficie de 203 272 ha en la Amazonía Peruana, valor que excedió en 54 846 ha a la superficie de bosque perdido en el 2019 (Sierra, 2021), lo que demuestra que la tasa de deforestación, año tras año, va en incremento (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

La región San Martín por su parte, tiene una superficie de 5 128 807 ha y en el 2020 la pérdida de cobertura boscosa fue 20 149 ha; asimismo, entre el 2001 y 2020 la cobertura de bosque amazónico pasó de 3 763 713 a 3 313 357 ha. Así también, datos registrados muestran la gravedad del problema en la provincia de Picota, donde en el 2019 la cobertura vegetal pérdida fue 948 ha (MINAM, 2022). Es así que, la presente investigación buscó determinar el stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, debido a la importancia y relevancia de conservar y proteger los bosques naturales, con lo cual es posible mitigar los efectos del cambio climático reduciendo el CO<sub>2</sub> mediante la captura o fijación de carbono.

La investigación se enmarcó en la problemática: ¿Cuánto es el stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos - Picota?, planteándose a partir de ello la hipótesis de investigación: El stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos – Picota, es alto. El objetivo general fue “Determinar el stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos - Picota” y los objetivos específicos fueron, 1ro: Evaluar los indicadores de diversidad florística en el bosque primario del fundo Cristo Redentor; 2do: Estimar la biomasa arbórea de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor y; 3ro: Calcular el carbono almacenado de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor.

En el primer capítulo se presenta la introducción a la investigación, en el segundo capítulo los antecedentes de investigación y fundamentos teóricos, en el tercer capítulo se presentan los materiales y métodos, en el cuarto capítulo se presentan los resultados y discusiones; finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del proyecto de investigación.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### Antecedentes internacionales

Dantas et al. (2020), En un bosque tropical de Brasil evaluaron las reservas de carbono superficiales y subterráneas. Determinaron que, el stock total de carbono fue 267,52 Mg ha<sup>-1</sup>, de los cuales el 63,22% (169,13 Mg ha<sup>-1</sup>) fue en el suelo, el 35,23% (94,25 Mg ha<sup>-1</sup>) en la biomasa aérea y el 1,54% (4,12 Mg ha<sup>-1</sup>) en las raíces.

Ledesma et al. (2021), en bosques nativos del Espinal (entre ríos, Argentina), estimaron el contenido y captura potencial de carbono en la biomasa arbórea. Encontraron que, el contenido de biomasa varió entre 52,13 y 111,82 t MS/ha y el promedio fue 92,68 ± 23,13 t MS/ha; el stock de carbono varió entre 26,02 t/ha y 52,78 t/ha y el promedio fue 43,99 ± 10,43 t/ha; por otro lado, observaron heterogeneidad entre los diferentes tipos de bosques, de acuerdo a la estructura diamétrica y composición específica; finalmente, la tasa de captura de carbono varió entre 0,53 y 0,95 t C/ha/año, que equivale a una captura de entre 1,94 y 3,49 t C/ha/año.

Tolangay y Moktan (2022), en bosques subtropicales de Darjeeling ubicado en el Himalaya oriental, evaluaron la composición de especies, biomasa, reservas de carbono y potencial de secuestro de carbono, para ello, recolectaron datos de diámetro a la altura del pecho, altura del árbol y densidad de madera. Encontraron que, el carbono almacenado en el área de estudio fue 33,53 Mg C ha<sup>-1</sup> y el dióxido de carbono equivalente fue 123,048 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>, donde la especie más dominante en términos de carbono almacenado fue *Schima wallichii*.

#### Antecedentes nacionales

Guerrero y Tejada (2018), valoraron económicamente el servicio ambiental de CO<sub>2</sub> del bosque primario del fundo Monana, localizado en el caserío Puerto Pakui, distrito Imaza, provincia Bagua, departamento Amazonas. Encontraron 1040 individuos en 39 especies forestales y determinaron que el bosque no perteneció a un bosque primario ya que la distribución por clase diamétrica concentró árboles de poca longevidad; la biomasa total fue 122,81 t/ha, el stock de carbono 36,84 t C/ha, 135,08 t C/ha el servicio ambiental de secuestro de CO<sub>2</sub> y US\$ 55839,75 fue el valor económico del servicio ambiental de secuestro de CO<sub>2</sub>.

Bravo (2019), en el bosque natural “El Pargo” ubicado en el distrito de Llama de la provincia de Chota en el departamento de Cajamarca, estimó la captura de carbono haciendo uso del método indirecto o conocido como método no destructivo. Encontró que un total de 20 ha estudiadas presentaron una capacidad de captura de 397,490 toneladas de carbono.

Flores (2021), en un bosque de colina baja, ubicado en el distrito de Tahuania en Ucayali, estimó el carbono almacenado en la biomasa de los árboles. Encontró que la biomasa de árboles varió en cada parcela, siendo en la primera 185,25 t/ha, en la segunda 218,666 t/ha, en la tercera parcela fue 204,422 t/ha y en la cuarta parcela fue 188,597 t/ha; asimismo, el stock de carbono también varió, siendo en la primera parcela 92,562 t C/ha, en la segunda parcela 109,333 t C/ha, en la tercera parcela fue 102,211 t C/ha y en la cuarta parcela fue 94,298 t C/ha.

Oré et al. (2021), en el “Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva”, un bosque natural ubicado en la provincia de Leoncio Prado en Huánuco, estimaron el carbono almacenado y la biomasa aérea. Los valores más altos de biomasa aérea fueron en la colina alta con  $287,97 \text{ tha}^{-1}$  y de carbono almacenado fue  $143,96 \text{ t C/ha}^{-1}$ , seguido de la colina baja con  $169,17 \text{ tha}^{-1}$  y  $84,59 \text{ t C/ha}^{-1}$  de carbono almacenado; asimismo, hubo una mayor acumulación de biomasa aérea ( $79,81 \text{ Tha}^{-1}$ ) para arboles con DAP  $>60 \text{ cm}$  y a nivel de especie y familia *Cedrelinga cateniformis* (Fabaceae) acumularon mayor biomasa aérea con  $18,51 \text{ tha}^{-1}$  y  $54,12 \text{ tha}^{-1}$ .

Peralta (2022), en el “bosque montano Los Lanches, Chota – Perú”, estimó el carbono almacenado en la biomasa aérea registrando datos dasométricos del total de estrato leñoso, árboles con  $\geq 5 \text{ cm}$  de DAP. Encontró un total de 833 árboles en 33 especies y 27 familias, donde las especies con mayor abundancia fueron: “*Hedyosmum scabrum* (Ruiz & Pav.) Solms, *Cornus peruviana* J.F. Macbr. y *Weinmannia elliptica* Kunth”; asimismo, encontraron 168,43 t/ha de biomasa aérea y 84,21 t C/ha de carbono, donde Cunoniaceae fue la familia con mayor biomasa (33,11 t/ha) y carbono (16,56 t C/ha) y junto a Melastomataceae, Lauraceae y Myrtaceae almacenan el 63% de carbono (52,82 t C/ha).

### **Antecedentes regionales**

Vásquez (2020), en el “bosque de las Nuwas – Comunidad nativa Shampuyacu, Awajun”, caracterizó la vegetación arbórea con potencial de captura de carbono. Identificó 15 especies agrupados en 10 familias botánicas. Estimaron 75,635 t C/ha de carbono total almacenado, donde la biomasa arbórea almacenada fue 58,895 t C/ha y en la necromasa fue 16,740 t C/ha.

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1. Bosques**

Se define a un bosque como una comunidad de seres vivos relacionados entre sí en un lugar determinado; se considera como bosque a la comunidad forestal que involucra un estrato apropiadamente denso de árboles a fin de condicionar la cobertura vegetal en capas inferiores; asimismo, los bosques pueden ser naturales como también reforestados (Fundación para la Conservación del Agua y de la Región Metropolitana de Guatemala [FUNCAGUA], 2020).

Por su parte, Marcén (2007), sustenta que los bosques son estructuras dinámicas, organizadas y complejas, donde una gran cantidad de componentes se implican en su funcionamiento, cuyos componentes pueden ser o no seres vivos; asimismo, un bosque se define como una unidad irrepetible que, al mismo tiempo, representa un compendio de diversidad (estratos ecológicos, cadenas alimentarias o tróficas y poblaciones).

Los bosques brindan bienes y servicios ecosistémicos primordiales para la sobrevivencia de la humanidad a nivel mundial. Actúan como reserva clave de carbono y almacenan más cantidad de carbono unidad de área a comparación de otros ecosistemas de la tierra (Kuuluvainen y Gauthier, 2018; Liu et al., 2020).

La cubierta vegetal es de aproximadamente el 30% de la superficie terrestre y cuenta con el 19% de la biomasa global y de la reserva de carbono terrestre; los bosques cuentan con mayor cantidad de carbono en la biomasa y suelo que en cualquier otro ecosistema natural y de la atmósfera (Pan et al., 2011; Popkin, 2019; Zhao et al., 2014). Los ecosistemas forestales tienen un rol importante en la mitigación del cambio climático y los ciclos biogeoquímicos globales (Atsbha et al., 2019; Brienen et al., 2015).

#### **2.2.2.1. Bosques primarios**

Son bosques generados regenerados de manera natural de especies nativas, donde no existe indicios claros de actividades antrópicas y los procesos ecológicos no se ven interrumpidos de forma significativa (Organización para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2010).

La protección de los bosques primarios es una preocupación en todo el mundo, ya que desempeñan un importante papel en los sistemas planetarios que dan sustento a la vida, particularmente en el ciclo global del carbono (Mackey et al., 2013) y en el cumplimiento de objetivos internacionales de desarrollo sostenible y biodiversidad (Dellasala et al., 2012).

El término bosque primario abarca términos relacionados que incluyen bosques intactos (Watson et al., 2018), bosques estables (Funk et al., 2019), junto con bosques antiguos, virgen e intacto (Buchwald, 2005). En los bosques tropicales, el adjetivo “primario” también hace referencia a la fase ecológicamente madura de la sucesión de los bosques en el desarrollo de un rodal, con especies arbóreas de rápido crecimiento y vida más corta que dominan áreas perturbadas, seguido por aquellas especies de árboles de lento crecimiento y más larga vida (Chazdon et al., 2010).

### **2.2.3. Los bosques en el Perú**

El Perú tiene aproximadamente 72 millones de hectáreas de selva con una amplia diversidad de seres vivos; asimismo, en expansión boscosa se encuentra en segundo puesto a nivel de Latinoamérica, en el cuarto lugar con respecto a selva tropical y entre los primeros 10 países con gran cantidad de cobertura boscosa dentro de su ámbito territorial; así también, los pacales, pajonales, renacales, pantanos de aguajales, humedales y pastizales altoandinos conforman 20 millones de hectáreas (FAO, 2016).

Del total de bosques en el país, los bosques primarios representan el 88,9%, los bosques secundarios el 9,5% y bosques en mala gestión lo representa el 1,6%, toda esta variedad de cobertura boscosa en el Perú brinda un considerable número de servicios ecosistémicos (Sabogal, 2017).

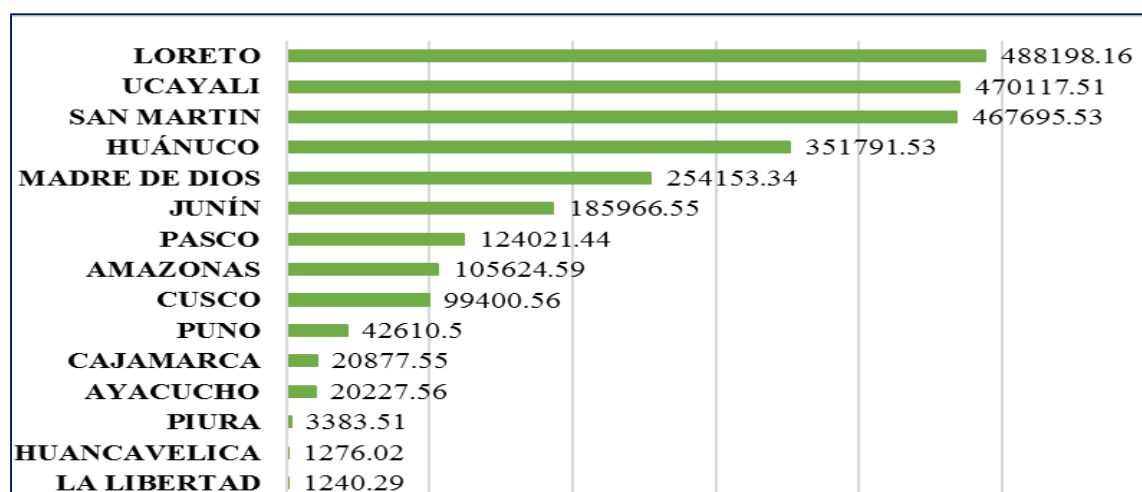
A nivel nacional, la cobertura boscosa ocupa más de la mitad del territorio peruano (56,9%), donde la mayor superficie de bosques se centra en la Amazonía seguido de bosques andinos y secos; asimismo, los bosques del Perú cuentan con una gran diversidad de fauna y flora, y proveen servicios y bienes ambientales para el desarrollo de la República y el bienestar poblacional, particularmente de pueblos indígenas u originarios que se sitúan en gran parte de la cobertura boscosa (MINAM, 2016).

### **2.2.4. La deforestación en el Perú**

En todo el Perú, hay diversas causas que producen la pérdida de los bosques, por ejemplo, plantas industriales, agricultura migratoria, cultivos ilegales y sobre todo la tala ilegal, etc., a estas causas se suman los factores de tipo indirecto, por ejemplo, densidad poblacional, corrupción en el ente forestal, ilegalidad, pobreza, ineficientes políticas económicas e inadecuadas decisiones políticas y particularmente la falta de una activa y eficiente educación ambiental (Dancé y Sáenz, 2013).

Entre el año 2001 y 2020 la evaluación anual de la superficie boscosa pérdida dio como resultado 2 636 584,64 ha pérdidas, donde las cinco regiones con mayor pérdida en

forma descendente son: Loreto, Ucayali, San Martín, Huánuco y Madre de Dios (Figura 1), cuyos departamentos representan el 77,1% del total de superficie deforestada en los últimos 20 años (MINAM, 2021, como citó en Cortez, 2021).



**Figura 1.** Superficie (ha) de deforestación en el periodo 2001 – 2020 por departamentos.

Fuente: MINAM (2021, como citó en Cortez, 2021).

### Deforestación en el departamento de San Martín

En el periodo de 2001 al 2020 la superficie deforestada fue 467 695,53 ha de bosques húmedos amazónicos, entre las principales causas que conllevaron a la deforestación son: expansión no planificada, pobreza, actividades extractivas ilegales e informales, baja productividad, migración y cambio de uso de suelos (MINAM, 2021, como citó en Cortez, 2021).

#### 2.2.5. Carbono

El carbono se encuentra por doquier en la naturaleza, por ejemplo, en el aire en forma de dióxido de carbono y en el agua como componentes carbónicos disueltos (carbonatos). La totalidad de organismos vivos se caracterizan por ser compuestos de carbono, obtenido de procesos metabólicos en su desarrollo y crecimiento, los mismos que proceden a liberarse cuando mueren. Alrededor del 50% del peso seco de los organismos es constituido por este elemento, lo cual lo hace entre los más importantes de la vida (Benjamin, 1999).

Es un componente principal de los seres vivientes. En su mayor parte existe como dióxido de carbono en los océanos, atmósfera y combustibles fósiles (petróleo, carbón y otros tipos de hidrocarburos). Al dióxido de carbono atmosférico lo absorben las plantas y lo convierten en carbohidratos mediante la fotosíntesis, como una parte del ciclo global del carbono (Lapeyre et al., 2004).

### **2.2.5.1. Captura y almacenamiento de carbono**

De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2005), la captura y el almacenamiento de carbono (CAC) es un proceso referido a la separación de CO<sub>2</sub> del sector energético y de fuentes industriales, el transporte hasta una zona para ser almacenado y su posterior aislamiento durante largos periodos respecto de la atmósfera.

La captura de carbono se realiza cuando las plantas absorben el CO<sub>2</sub> atmosférico mediante el proceso de la fotosíntesis, el CO<sub>2</sub> que se captura incide en la composición de diversas materias primas como la glucosa, para la formación de estructuras de plantas y se almacena en la parte subterránea (raíces gruesas y finas), en la biomasa aérea en su tejido (tallos, ramas y hojas) o en el suelo (degradación de biomasa que proviene de plantas u órganos no leñosos como hojas y leñosos como ramas, raíces finas y gruesas) como humus estable que brinda al entorno CO<sub>2</sub> (Vallejo et al., 2005).

Por su parte, Palomino (2007), refiere que la fijación o captura de carbono en la cobertura boscosa es un proceso de captura continua artificial o natural de carbono en diversos usos del suelo, en otras palabras, en sumideros de carbono.

### **2.2.5.2. Carbono almacenado**

El carbono es acumulado en ecosistemas forestales a través del proceso de absorción del CO<sub>2</sub> de la atmósfera y su posterior asimilación en la biomasa muerta (productos forestales, materia orgánica del suelo, restos de madera y hojarasca) con también en la biomasa viva (raíces, follaje, ramas y madera en pie). Cualquier actividad que pueda alterar el volumen de biomasa vegetal y del suelo presenta la capacidad suficiente para cumplir la función de retención o liberación de carbono de la atmósfera o hacia la atmósfera. Los bosques en conjunto cuentan con más del 50% del carbono presente en la vegetación terrestre y del suelo, cuya cantidad estimada es de (FAO, 2001).

### **2.2.5.3. Ciclo del carbono**

El ciclo del carbono se interpreta considerando intercambios entre la biosfera continental y la atmósfera, también los cambios generados por actividades antrópicas como: calentamiento climático inducido, incremento del CO<sub>2</sub> atmosférico y deposiciones nitrogenadas, cuyas variaciones globales producen un incremento de la producción vegetal y almacenamiento del carbono en la biomasa arbórea, como también en la materia orgánica terrestre (Saugier y Pontailier, 2006).

Para Iroz et al. (2018), se conoce al ciclo del carbono como un sistema de transformaciones químicas de compuestos que tienen carbono en los intercambios



entre la litosfera, hidrósfera y atmósfera; asimismo, se considera un ciclo biogeoquímico relevante para regular el clima terrestre, donde se ven implicadas acciones básicas para sostener la vida.

El ciclo del carbono se subdivide en dos, el ciclo biológico y el biogeoquímico; en el caso del primero, los intercambios con la atmósfera se ven regulados por la biosfera mediante el proceso de fotosíntesis (retención de carbono) y a través de la respiración (devolución de carbono); en el caso del segundo, el intercambio de CO<sub>2</sub> es controlado mediante la biosfera y los demás subsistemas (Santias, 2020). En la figura 2, se presenta un esquema del ciclo del carbono.

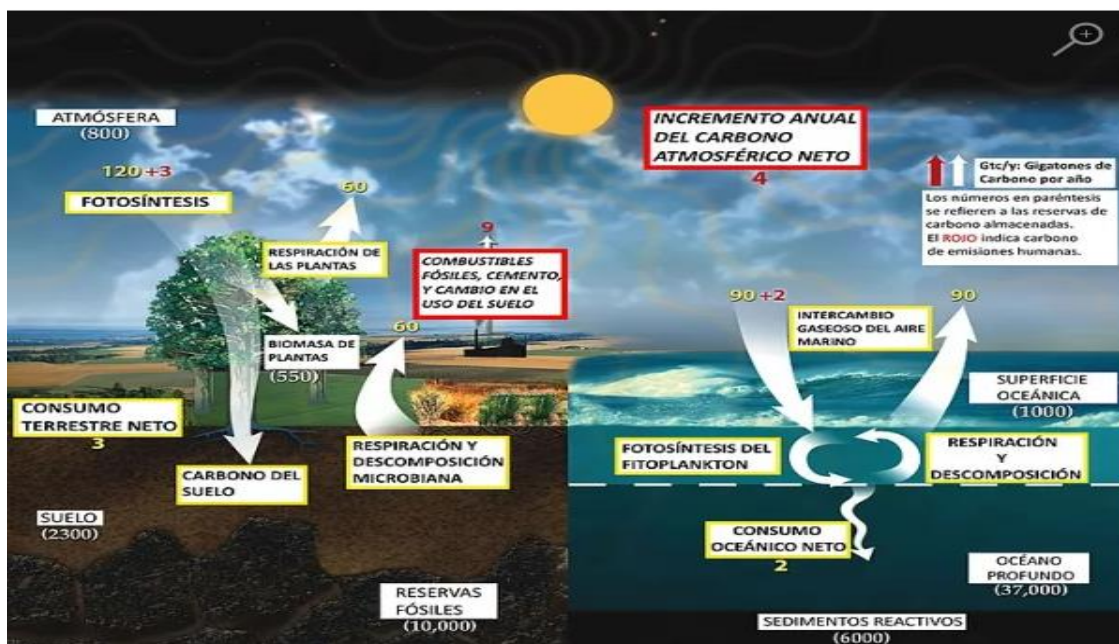


Figura 2. Esquema del ciclo del carbono. Fuente: Santias (2020).

#### 2.2.5.4. Clasificación del carbono

De acuerdo a Solaun et al. (2013), el carbono puede clasificarse por colores, como se describe a continuación:

##### Carbono negro

Carbono generado mediante procesos de combustión ineficiente, cuya fuente de generación son las actividades industriales como el polvo atmosférico y el hollín.

##### Carbono marrón

Tipo de carbono emitido por el desarrollo de actividades humanas, como la combustión completa mediante la quema de combustibles (carbón y petróleo), cuyos gases emitidos hacia la atmósfera son metano y dióxido de carbono.

### **Carbono verde**

Tipo de carbono que en la atmósfera se encuentra en estado libre y se almacena en suelos y biomasa de pastizales, ecosistemas forestales, cultivos o en ecosistemas de tipos naturales como praderas, bosques y selvas tropicales; asimismo, como parte del ciclo del carbono actúan como sumideros a través del proceso de fotosíntesis.

### **Carbono azul**

Carbono que se almacena en ecosistemas marinos y costeros como bacterias, fitoplancton, bosques de manglar, praderas oceánicas, marismas de marea, arrecifes de coral, fanerógamas, macro algas fotosintéticas y otros humedales, los mismos que almacenan al carbono por más tiempo y en mayor cantidad.

#### **2.2.5.5. Biomasa arbórea**

La biomasa arbórea se constituye por diferentes componentes como el fuste, ramas y hojas, cuyas cantidades difieren por el tipo de especie y por tamaño de los árboles presentes en un determinado ambiente (Gayoso, 2002).

Por su parte Hall (1998), refiere que la biomasa presenta diversas ventajas que permite asegurar un futuro favorable para el ambiente; asimismo, menciona que los árboles y otras formas de biomasa tienen la capacidad de actuar como sumideros de carbono y con el objetivo de obtener mayores beneficios, se deberían emplear árboles que no son de bosques primarios, a fin de producir energía al final de la etapa de desarrollo.

#### **2.2.5.6. Stock de carbono**

Se conoce como stock de carbono a todo lo que se almacena en los diversos componentes (suelo, hojarasca, madera). Cuando cuantificamos el stock de carbono en un determinado bosque, muestreamos: 1) la biomasa viva que se almacena en las raíces, fuste, ramas y hojas; 2) la necromasa que se almacena en la madera muerta y hojarasca; y 3) el carbono que se encuentra en la materia orgánica de suelos (Honorio y Baker, 2010).

Como el stock de carbono no es definitivo en un bosque, resulta pertinente relacionar la medición del stock a una noción de tiempo, cuyo stock acumulado presenta la función de: ser el producto de una determinada cantidad almacenada por el tiempo de duración del stock y es expresado en “toneladas.año”, esto se aplica a cantidades que se almacenan en la biosfera y en las que se liberan a la atmósfera (Locatelli y Leonard, 2001).

Por su parte, Krebs (1995), refiere que la asimilación del CO<sub>2</sub> de la cobertura vegetal no depende solamente de los tipos de planta, depende también del estado de su

desarrollo, altura y densidad como el nivel asimilativo de las hojas de la parte inferior dependerá del nivel en que la luz solar tenga la capacidad de penetrar en la cubierta vegetal con suficiente intensidad. Por otro lado, afirma que los bosques son reservorios importantes: de 90 a 160 y hasta 280 t/ha.

#### **2.2.5.7. Secuestro de CO<sub>2</sub>**

Se define al secuestro de carbono como el proceso que permite la fijación de CO<sub>2</sub> en cualquier sistema de uso de tierra (Arévalo et al., 2003).

Mcpherson (1998), refiere que el secuestro de CO<sub>2</sub> se relaciona de forma directa con la tasa de variación interanual de carbono almacenado en la biomasa sobre y bajo el suelo. Asimismo, Niranjana y Viswanath (2005) refiere que el secuestro de carbono depende del nivel de crecimiento de los árboles.

Para Sandoval et al. (2003) el secuestro de carbono es una alternativa que pretende reducir los niveles de liberación de CO<sub>2</sub> que se derivan de sistemas de producción agropecuarios dominantes en el mundo.

El CO<sub>2</sub> secuestrado por los árboles es el resultado de las diferencias entre el CO<sub>2</sub> que se absorbe en el proceso de fotosíntesis y el CO<sub>2</sub> que se emite a través de la atmósfera en el proceso de respiración, cuya diferencia se convierte en biomasa y oscila entre el 45 – 50% del peso seco de las plantas; por lo tanto, mientras haya un crecimiento elevado, la vegetación sea natural y los cultivos se convierten en sumideros de carbono, tomando en cuenta ello, la agricultura puede convertirse en un mecanismo efectivo para la mitigación del aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico (Carvajal, s.f.).

#### **2.2.5.8. Métodos para la estimación de captura de CO<sub>2</sub>**

##### **Estimación de la biomasa**

Estimar la biomasa en las coberturas boscosas es un proceso fundamental para el manejo forestal sustentable y para determinar los almacenes de carbono (Soriano-Luna et al., 2015).

La biomasa representa a la totalidad de materia viva que se encuentra en un sistema biológico en un determinado momento y se expresa en unidades de peso seco por unidad superficial, se puede emplear al estimar a través de inventarios la cantidad de materia biológica disponible en un ambiente y momento definido. La distribución de la biomasa en las raíces, hojas, ramas y fustes difiere de manera considerable con el sitio, edad, especie y tratamiento silvicultural; por ello, la estimación de biomasa en diversas

partes de un árbol, facilita la estimación del potencial productivo de un determinado sistema de bosque (Durán, 2005).

### **Estimación de las reservas de carbono**

La reserva de carbono es definida como la cantidad de carbono presente en la biomasa conocida como “almacén de carbono” (stock en inglés). Dentro de los sistemas forestales es posible identificar diferentes almacenes de carbono, por ejemplo, materia orgánica muerta en el suelo de los bosques, madera subterránea en raíces, madera viva de árboles y en el suelo. El carbono total que se almacena en los ecosistemas es la suma del carbono que se almacena en los diversos almacenes (Maser et al., 2002).

Usualmente, el almacén de carbono es expresado en toneladas de carbono por una hectárea (t C/ha). Es importante diferenciar entre “carbono almacenado” y “carbono capturado”; el primero, representa a la cantidad total de carbono que es contenida por la biomasa; en tanto, el segundo representa a una medición del flujo dinámico del crecimiento anual de la biomasa (Dávalos, 2008).

### **Métodos de medición de la biomasa**

De acuerdo a Pardé (1980), se puede estimar la biomasa aérea mediante métodos directos e indirectos, los mismos que se describen a continuación:

#### **a. Método directo**

También conocido como destructivo, se emplea ecuaciones alométricas y factores de expansión de la biomasa, el cual consiste en cortar uno o varios árboles, luego de determinar la biomasa mediante el peso directo de cada uno de los componentes como de las hojas, fuste y ramas, finalmente se extrapolan los resultados, este método es más costoso (Rügnitz et al., 2009).

#### **b. Método indirecto**

También conocido como no destructivo, donde se emplean métodos de cubicación del árbol sumando los datos de volumen de madera, se registran muestras que luego son pesadas en el laboratorio a fin de calcular factores de conversión de volumen a peso seco, en otras palabras, la densidad específica o gravedad; asimismo, otra manera de determinar la biomasa es a través de ecuaciones o modelos que se basan en análisis de regresión (ecuaciones alométricas), donde se emplean variables recolectadas en campo, por ejemplo, diámetro a la altura del pecho, altura total y comercial, densidad específica de la madera, área basal y crecimiento diamétrico (Fonseca et al., 2009).

## **CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Ámbito y condiciones de la investigación**

#### **3.1.1 Contexto de la investigación**

Geográficamente, el área de estudio (bosque primario del fundo Cristo Redentor) se ubica entre los paralelos 6,846° y 6,858° de latitud sur y entre los paralelos 76,15° y 76,137° de longitud oeste, de acuerdo al sistema de coordenadas geográficas WGS 1984 (ver Anexo N° 1), cuya área estimada es de 25 ha.

Políticamente el área de estudio se ubica en el distrito de Tres Unidos, perteneciente a la provincia de Picota del departamento de San Martín (ver Anexo N° 1).

#### **3.1.2 Periodo de ejecución**

El periodo de ejecución de la investigación fue de 10 meses, desde el 01/03/2022 hasta el 30/12/2022.

#### **3.1.3 Control ambiental y protocolos de bioseguridad**

Se consideraron todos los protocolos de bioseguridad contra el Covid-19, a fin de salvaguardar la salud del personal investigador y personal de apoyo en el área de estudio.

Así también, se tomaron en cuenta medidas de control ambiental como el uso de bolsas plásticas para la recolección temporal de residuos sólidos, a fin de evitar arrojar los residuos en el suelo y la posterior contaminación.

#### **3.1.4 Aplicación de principios éticos internacionales**

Se aplicaron principios éticos en la investigación como son: la integridad, respeto a la ecosistema, personas, justicia y beneficencia; asimismo, se aplicaron los principios éticos de transparencia y confiabilidad.

### **3.2. Sistema de variables**

#### **3.2.1 Variables principales**

- Variable de investigación: Stock de carbono

**Tabla 1***Descripción de variables por objetivo específico*

Objetivo específico № 1: Evaluar los indicadores de diversidad florística en el bosque primario del fundo Cristo Redentor.			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Indicadores de diversidad florística	Individuos, especies y familias arbóreas.		- Nº de individuos - Nº de especies - Nº de familias
	Riqueza de especies		- Cantidad de riqueza
	Índice de diversidad de Shannon-Wiener	Ficha de recolección de datos, hoja de procesamiento de datos, figuras, tablas, registro fotográfico.	- Baja: 0,1 – 1,5 - Media: 1,6 – 3,0 - Alta: 3,1 – 4,5
	Índice de diversidad de Simpson		- Baja: 0,00 – 0,35 - Media: 0,36 – 0,75 - Alta: 0,76 – 1,00
	Índice de Jaccard		- Nivel de semejanza
	Abundancia, frecuencia, dominancia e IVI		- Porcentaje (%)
Objetivo específico № 2: Estimar la biomasa arbórea de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor.			
Biomasa arbórea.	Cantidad de biomasa arbórea	Ficha de recolección de datos, ficha de procesamiento de datos, figuras, tablas, registro fotográfico.	- t/ha según especies - t/ha según familias - t/ha total
Objetivo específico № 3: Calcular el carbono almacenado de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor.			
Carbono almacenado	Cantidad de carbono almacenado	Ficha de recolección de datos, ficha de procesamiento de datos, figuras, tablas, registro fotográfico.	- t C/ha según especies - t C/ha según familias - t C/ha total

### 3.3 Procedimientos de la investigación

#### Tipo de investigación:

La investigación fue de tipo “básica”, ya que se generó conocimiento científico sobre el stock de carbono de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor. Tipo de investigación que según Sánchez y Reyes (2006) que tiene como fin buscar conocimientos y campos nuevos de investigación sin un fin práctico inmediato y específico.

### Nivel de investigación:

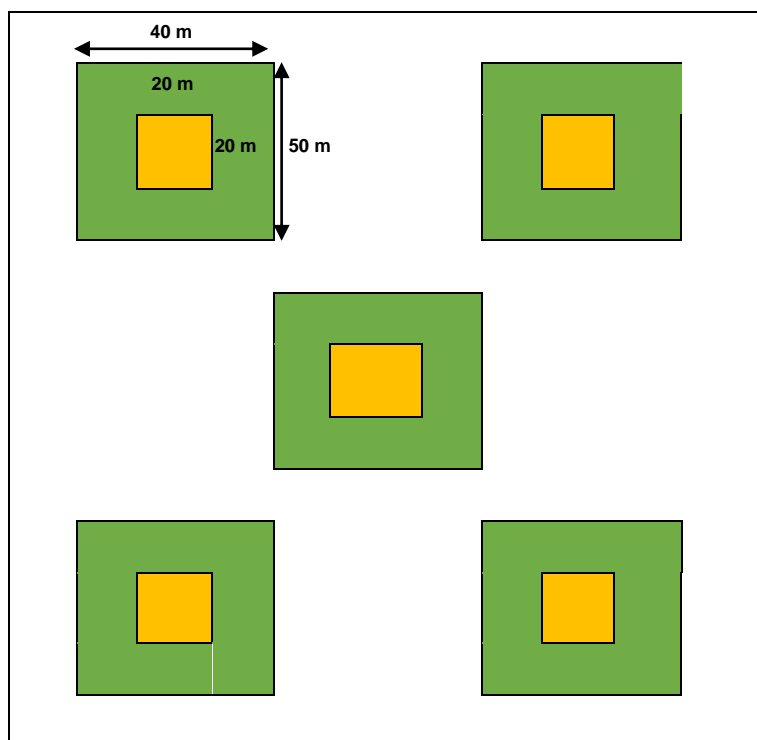
El nivel de investigación fue “descriptivo”, debido a que se determinó el stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor sin la manipulación de variables. Nivel de investigación que según Sánchez y Reyes (2006) tiene como fin caracterizar un fenómeno, hecho estableciendo su comportamiento o estructura.

### Población:

En la investigación, la población estuvo conformada por una superficie de 25 ha de bosque primario del fundo Cristo Redentor en el sector Paltaico, Caserío Zapotillo, distrito de Tres Unidos.

### Muestra:

En la investigación, la muestra se constituyó por 5 parcelas distribuidas al azar, cuyas dimensiones de cada uno fue de 40 x 50 m, quedando una muestra total de 10 000 m<sup>2</sup> equivalente a 1 ha (Figura 3). El muestreo fue por conveniencia, el mismo que según Otzen y Manterola (2017) “Permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos. Esta, fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador” (p. 4).



**Figura 3.** Diseño de distribución de parcelas de muestreo. Fuente: Tomado y adaptado de la guía para la determinación de carbono en propiedades rurales (Rügnitz et al., 2009).

En las parcelas de 40 x 50 m se identificaron especies arbóreas con DAP  $\geq$  30 cm y en las parcelas de 20 x 20 m se identificaron especies arbóreas con DAP  $\geq$  10 cm.

#### **Diseño:**

##### a) Diseño experimental o muestral

El diseño de la investigación es no experimental y obedece a un diseño descriptivo el mismo que Hernández et al. (2014) plantea el siguiente esquema descriptivo: Obtención de información in-situ y se describe los sucesos o eventos dados en un determinado espacio; en un tiempo único.

M - - - - - > O

Donde:

M: Muestra obtenida (especies identificadas, DAP).

O: Stock de carbono.

##### b) Representación de la información

Los resultados obtenidos se representan a través de diagramas de barras y mediante tablas, realizados con el paquete estadístico SPSS Statistics y Excel.

##### c) Análisis estadístico

Para procesar y analizar los datos, se empleó la estadística descriptiva empleando el paquete estadístico del programa SPSS Statistics y Excel; asimismo, para determinar la diversidad alfa y beta se empleó el Software PAST 3.5.

### **3.3.1 Objetivo específico 1**

Evaluar los indicadores de diversidad florística en el bosque primario del fundo Cristo Redentor.

#### **a. Actividades y tareas**

- Diagnóstico y reconocimiento del área de estudio.
- Elaboración de mapa con distribución de parcelas.
- Diseño de ficha de recolección de datos.
- Establecimiento de parcelas de muestreo.
- Inventario de árboles con DAP  $\geq$  30 cm y  $\geq$  10 cm.
- Determinación de indicadores de diversidad florística.
- Procesamiento y análisis de datos.



## **b. Descripción de los procedimientos**

### **Diagnóstico y reconocimiento del área de estudio**

Primero, mediante la técnica de observación directa se desarrolló un diagnóstico a través de Google Earth del área de estudio y posteriormente, se reconoció toda el área a fin de establecer las parcelas de estudio.

### **Elaboración del mapa con distribución de parcelas**

Empleando el software Google Earth y ArcGIS se realizó un mapa con la distribución de las parcelas de muestreo, donde se desarrolló el inventariado de las especies arbóreas (ver Anexo 1).

### **Diseño de ficha de recolección de datos**

En compañía del asesor del proyecto, se procedió a elaborar la ficha de recolección de datos (ver Anexo 2) donde se registraron datos como diámetro a la altura del pecho (DAP) y especies identificadas en cada una de las parcelas de muestreo.

### **Establecimiento de parcelas de muestreo**

Previa ubicación de las parcelas de muestreo en gabinete, se procedió a establecer las parcelas en campo con la ayuda de un GPS, delimitando primeramente las parcelas de 40 x 50 m (2 000 m<sup>2</sup>) y luego las sub parcelas de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>), para la delimitación se utilizó rafia.

### **Inventariado de parcelas de muestreo**

Se procedió al inventariado del 100% de árboles con DAP  $\geq$  30 cm en las parcelas de muestreo de 40 x 50 m y de árboles con DAP  $\geq$  10 cm en las parcelas de 20 x 20 m; para ello se empleó la técnica de la observación directa, utilizando como instrumento una forcípula y una ficha de recolección de datos donde se registró el nombre común de los árboles y el DAP de cada uno medido a 1,30 m del suelo.

### **Determinación de indicadores de diversidad florística**

Los datos obtenidos en campo fueron sistematizados en el programa Excel, a fin de facilitar la determinación de los indicadores evaluados como la riqueza de especies, diversidad alfa (índice de Shannon-Wiener y Simpson), diversidad beta (índice de

Jaccard) desarrollados con el Software PAST 3.5 y el índice de valor de importancia previa determinación de la abundancia, frecuencia y dominancia relativa.

### a. Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ )

Es un índice que permite medir el nivel medio de incertidumbre para la predicción de la especie donde pertenece un individuo o árbol que se extrae al azar; adquiere valores entre cero cuando en la parcela de estudio hay solo una especie (Moreno, 2001). Los valores de interpretación del índice de Shannon-Wiener se presentan en la tabla 2.

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Donde:

$p_i$  = Probabilidad de encontrar a la especie  $i$  o proporción del número de individuos de la especie  $i$  con respecto al total.

$\log_2$  = Logaritmo base 2.

**Tabla 2**

*Valores de interpretación del índice de Shannon-Wiener ( $H'$ )*

Valores	Diversidad
0,1 – 1,5	Baja
1,6 – 3,0	Media
3,1 – 4,5	Alta

Fuente: Tomado de Magurran (1988).

### b. Índice de Simpson ( $1 - D$ )

Representa a una medida de la diversidad que toma en consideración la riqueza y la equitatividad, que se refiere a cuantificar la posibilidad que dos individuos que se seleccionaron de forma aleatoria de una determinada muestra sean parte de una misma especie (Moreno, 2001). Los valores de interpretación del índice de Simpson se presentan en la tabla 3.

$$1 - D = \sum p_i^2$$

Donde:

$p_i$  = Abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

**Tabla 3**

*Valores de interpretación del índice de Simpson ( $1-D$ )*

Valores	Diversidad
0,00 – 0,35	Baja
0,36 – 0,75	Media
0,76 – 1,00	Alta

Fuente: Tomado de Krebs (1985).

### c. Índice de similitud de Jaccard

Índice que permite medir el nivel de similitud entre los transectos, siendo posible relacionar el número de especies repartidas con el total de especies exclusivas. Los valores van desde 0 hasta 1, el primero representa a cuando no existen especies que se reparten entre las parcelas y el segundo representa a que ambas parcelas cuentan con la misma composición de especies. Permite medir la ausencia o presencia de especies (Moreno, 2001).

$$I_j = c/a + b - c$$

Donde:

a: número de especies en el sitio A.

b: número de especies en el sitio B.

c: número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir que están compartidas.

### d. Abundancia

La abundancia absoluta hace referencia al número de individuos/especie dentro de un área determinada (unidades de muestreo o parcelas); en tanto, la abundancia relativa hace referencia al número de individuos de cada especie (n) en referencia a la totalidad de individuos de todas las especies (N) y se expresa en porcentajes (MINAM, 2015).

$$Ar = \frac{n}{N} * 100$$

### e. Frecuencia

La frecuencia hace referencia a la probabilidad de encontrar una especie en una unidad de muestra, es expresado como porcentaje del número de unidades de muestra donde la especie o atributo fue identificado ( $m_i$ ) en referencia a la cantidad total de unidades de muestra (M) (MINAM, 2015).

$$F_i = \frac{m_i}{M} * 100$$

### f. Dominancia

Hace referencia a la probabilidad de ocupación de una especie forestal en el espacio de una determinada muestra particular; se expresa como área ( $m^2$ ) y como porcentaje (%) de la totalidad de área de muestra (MINAM, 2015).

$$AB = 3,1416 (DAP/2)^2$$

### **g. Índice de valor de importancia (IVI)**

El IVI mide el peso ecológico que tiene cada especie dentro de una determinada comunidad vegetal; resulta de la suma de los valores de abundancia, frecuencia y dominancia (área basal), cuyo resultado debe ser igual a 300% (MINAM, 2015).

$$IVI = \text{Abundancia \%} + \text{Frecuencia \%} + \text{Dominancia \%}$$

### **c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de los datos se usó la estadística descriptiva mediante el software SPSS Statistics y Excel; asimismo, para determinar la diversidad alfa y beta se empleó el software PAST 3.5.

### **3.3.2 Objetivo específico 2**

Estimar la biomasa arbórea de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor.

#### **a. Actividades y tareas**

- Sistematización de datos.
- Estimación de la biomasa arbórea.
- Procesamiento y análisis de datos.

#### **b. Descripción de los procedimientos**

##### **Sistematización de datos**

Primero, se realizó la sistematización de todos los datos en el programa Excel, considerando todos los individuos según la especie y familia a la que pertenecen, de acuerdo a cada parcela evaluada.

##### **Estimación de la biomasa arbórea**

Para estimar la biomasa arbórea de la totalidad de árboles identificados y medidos en las parcelas y sub parcelas, se aplicó una ecuación matemática para bosque primario (Chave et al., 2005, como se citó en Vásquez, 2020).

$$BA = \text{Exp} (-2,977 + \ln (0,64 \times DAP^2 \times h))$$

Donde:

BA: biomasa arbórea (kg).

DAP: diámetro a la altura del pecho (cm).

h: altura (m).

Para determinar la altura (h) de los árboles identificados se utilizó la ecuación relacionada al DAP (Honorio, 2009, como se citó en Vásquez, 2020).

$$h = 11,312 \times \ln (\text{DAP}) - 12,344$$

Finalmente, para determinar la cantidad de biomasa/ha, se realizó la suma de la biomasa de todos los individuos forestales identificados y medidos en cada parcela (Rügnitz et al., 2009).

$$\text{BA} = (\sum \text{AB}/1000) \times (10000/\text{área de la parcela})$$

Donde:

BA: biomasa arbórea (t/ha).

$\sum \text{AB}$ : suma de la biomasa arbórea de todos los árboles (kg).

Factor 1 000: conversión de kg a t.

Factor 10 000: conversión del área de m<sup>2</sup> a ha.

### **c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de los datos se usó la estadística descriptiva mediante el software SPSS Statistics y Excel.

### **3.3.3 Objetivo específico 3**

Calcular el carbono almacenado de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor.

#### **a. Actividades y tareas**

- Sistematización de datos.
- Estimación del carbono almacenado.
- Procesamiento y análisis de datos.

#### **b. Descripción de los procedimientos**

##### **Sistematización de datos**

Primero, se realizó la sistematización de todos los datos en el programa Excel, considerando todos los individuos según la especie y familia a la que pertenecen, de acuerdo a cada parcela evaluada.

### **Estimación del carbono almacenado**

Para calcular el carbono almacenado en la biomasa arbórea por hectárea, se empleó la siguiente ecuación (Cuellar et al., 2015).

$$AC = (BA \times CF)$$

Donde:

AC: cantidad de carbono almacenado en la biomasa arbórea (t C/ha).

BA: Biomasa arbórea (t C/ha).

CF: Fracción del carbono (0,5), valor estándar del IPCC.

### **c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

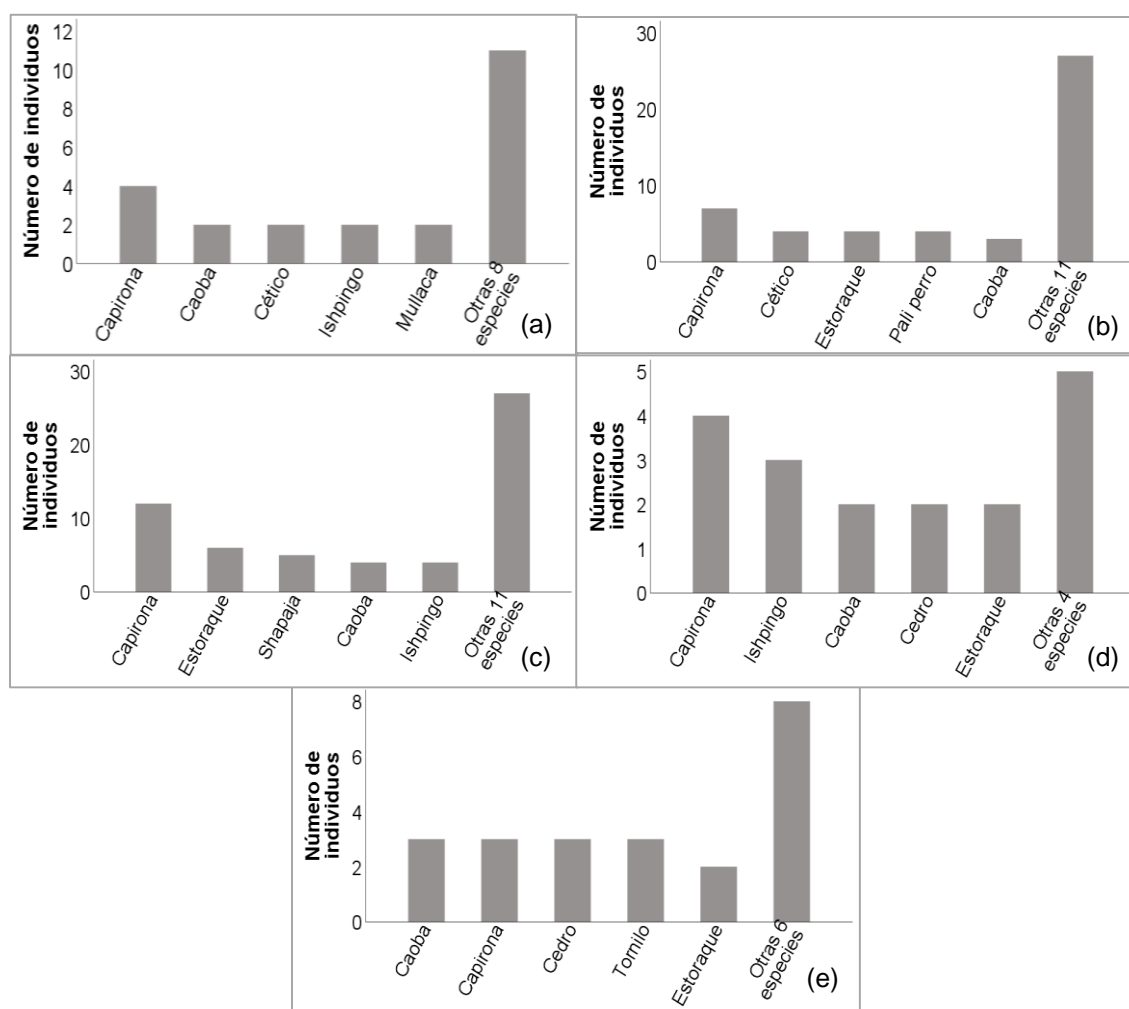
Para el procesamiento de los datos se usó la estadística descriptiva mediante el software SPSS Statistics y Excel.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Indicadores de diversidad florística en el bosque primario del fundo Cristo Redentor

#### 4.1.1 Especies arbóreas identificadas en el bosque primario del fundo Cristo Redentor

En la parcela 1, las 5 especies (Capirona, Caoba, Cético, Ishpingo y Mullaca) con mayor cantidad de individuos registran en conjunto el 52,17% (12 individuos), donde la especie más abundante es *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (4 individuos) (Figura 4a). En la parcela 2, las 5 especies (“Capirona”, “Cético”, “Estoraque”, “Pali perro” y “Caoba”) con mayor cantidad de individuos registran en conjunto 44,90% (22 individuos), donde la especie más abundante es *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (7 individuos) (Figura 4b).



**Figura 4.** Especies arbóreas identificadas. (a) Parcela 1, (b) Parcela 2, (c) Parcela 3, (d) Parcela 4 y (e) Parcela 5.

Asimismo, en la parcela 3, las 5 especies (“Capirona”, “Estoraque”, “Shapaja”, “Caoba” e “Ishpingo”) con mayor cantidad de individuos registran en conjunto el 53,45% (31 individuos), donde la especie más abundante es *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (12 individuos) (Figura 4c). En la parcela 4, las 5 especies (“Capirona”, “Ishpingo”, “Caoba”, “Cedro” y “Estoraque”) con mayor cantidad de individuos registran en conjunto el 72,22% (13 individuos), donde la especie más abundante es *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (4 individuos) (Figura 4d).

Finalmente, en la parcela 5, las 5 especies (“Caoba”, “Capirona”, “Cedro”, “Tornillo” y “Estoraque”) con mayor cantidad de individuos registran en conjunto el 63,64% (14 individuos), donde las cuatro primeras especies mencionadas son las más abundantes (3 individuos cada especie) (Figura 4e). Especies como *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” y *Swietenia macrophylla* “Caoba” se encuentran en las 5 parcelas y con mayor cantidad de individuos (Figura 4).

En el bosque primario Cristo Redentor hay un total de 170 individuos arbóreos contenidos en 16 especies y 11 familias (ver Anexo 3).

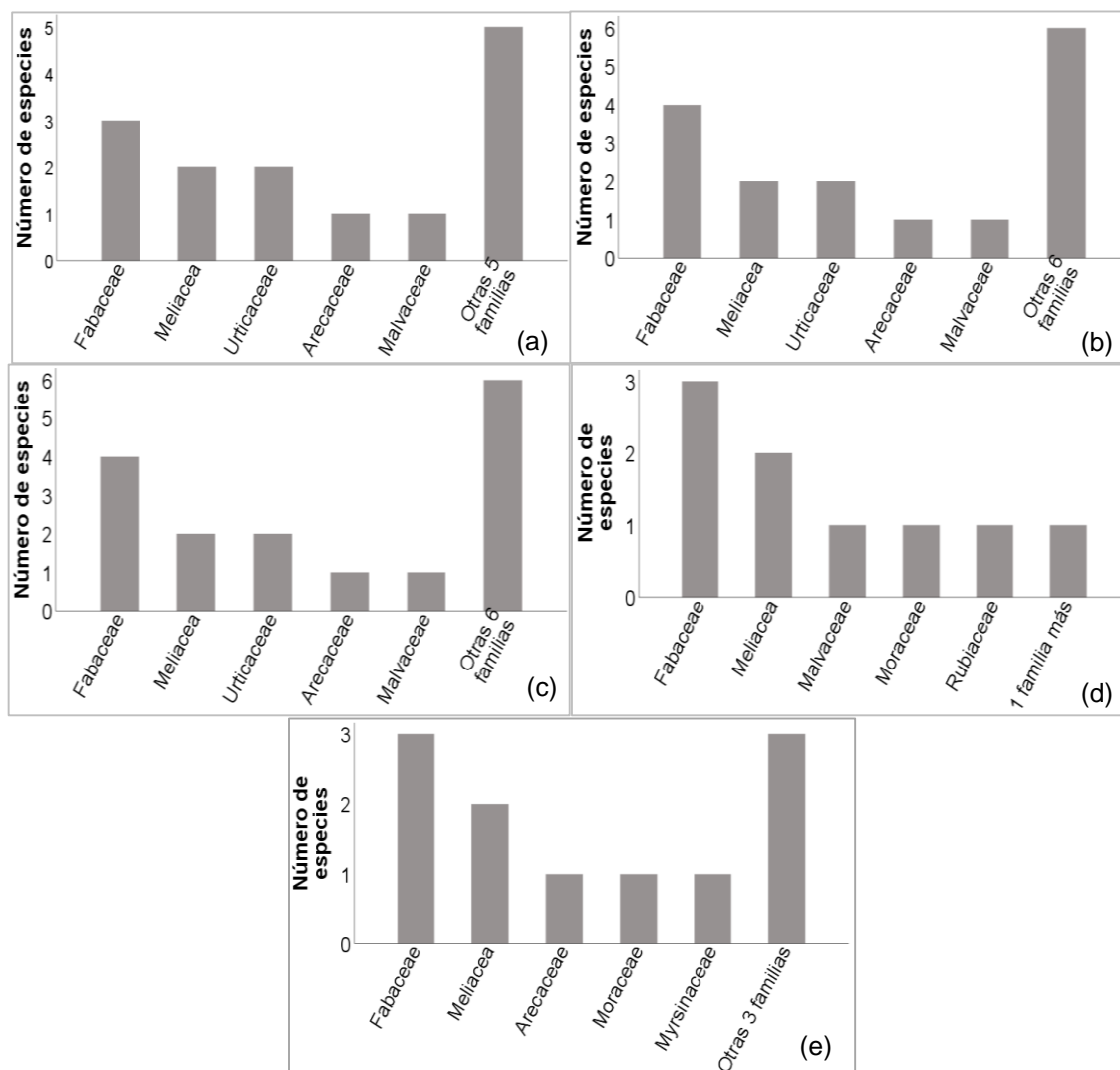
#### **4.1.2 Familias arbóreas identificadas en el bosque primario del fundo Cristo Redentor**

En la parcela 1, 2 y 3 las familias Fabaceae, Meliaceae, Urticaceae, Arecaceae y Malvaceae registran en conjunto 64,29% (9 especies), 62,50% (10 especies) y 62,50% (10 especies) respectivamente, donde en cada uno de las tres parcelas la familia más abundante es Fabaceae con 3 especies en la parcela 1 y 4 especies en la parcela 2 y 3 (Figura 5a, 5b y 5c).

Asimismo, en la parcela 4, las 5 familias (Fabaceae, Meliaceae, Malvaceae, Moraceae y Rubiaceae) con mayor cantidad de individuos registran en conjunto 88,89% (8 especies), donde la familia más abundante es Fabaceae (3 individuos) (Figura 5d). En la parcela 5, las 5 familias (Fabaceae, Meliaceae, Arecaceae, Moraceae y Myrsinaceae) con mayor cantidad de individuos registran en conjunto 72,73% (8 especies), donde la familia más abundante es Fabaceae (3 individuos) (Figura 5e).

En el bosque primario Cristo Redentor, familias como Fabaceae y Meliaceae existen en las 5 parcelas estudiadas (Figura 5e). Asimismo, hay un total de 11 familias presentes en 16 especies y 170 árboles (ver Anexo 3).

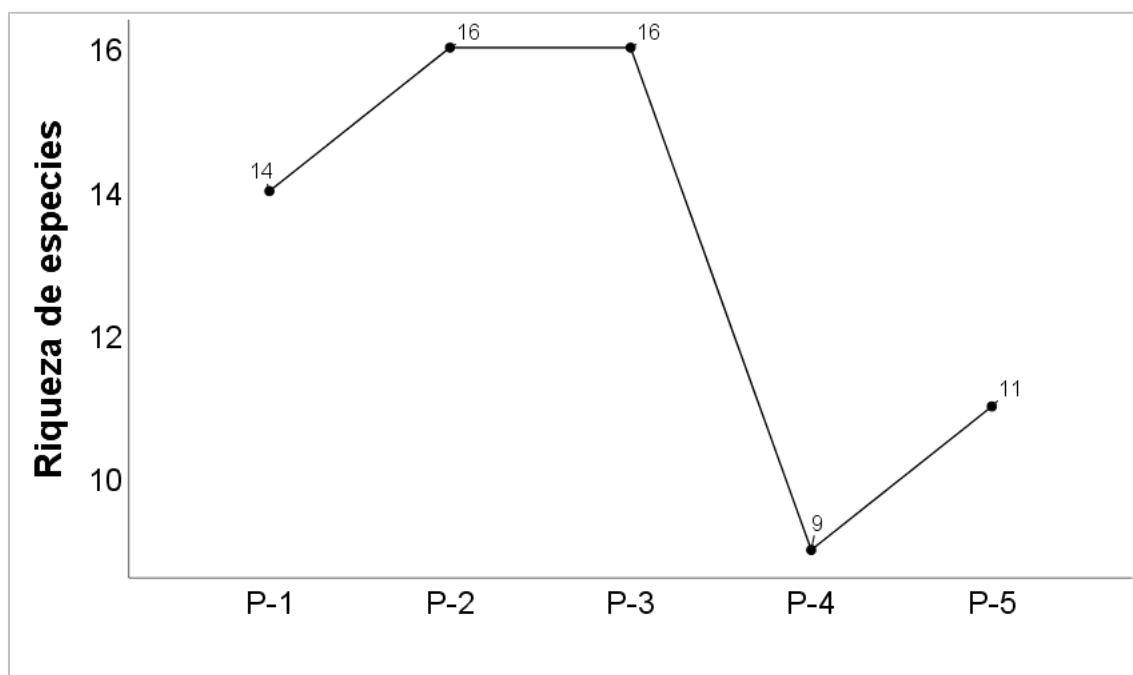




**Figura 5.** Familias arbóreas identificadas. (a) Parcela 1, (b) Parcela 2, (c) Parcela 3, (d) Parcela 4 y (e) Parcela 5.

#### 4.1.3 Riqueza de especies en el bosque primario del fundo Cristo Redentor

En el bosque primario del fundo Cristo Redentor hay una mayor riqueza de especies en la parcela 2 y 3 con 16 especies cada uno, seguido de la parcela 1 con 14 especies; en tanto, en la parcela 5 y 4 se registra la menor riqueza con 11 y 9 especies respectivamente (Figura 6). La mayor riqueza de la parcela 2 y 3 se debe a que están se encuentran próximas a la quebrada donde relativamente se evidenció una mayor cobertura boscosa a diferencia de las parcelas 4 y 5 donde la riqueza determinada fue menor, debido a que estas colindan con otro tipo de uso de suelos y están próximas a la intervención humana.



**Figura 6.** Riqueza de especies por parcelas en el bosque primario del fundo Cristo Redentor.

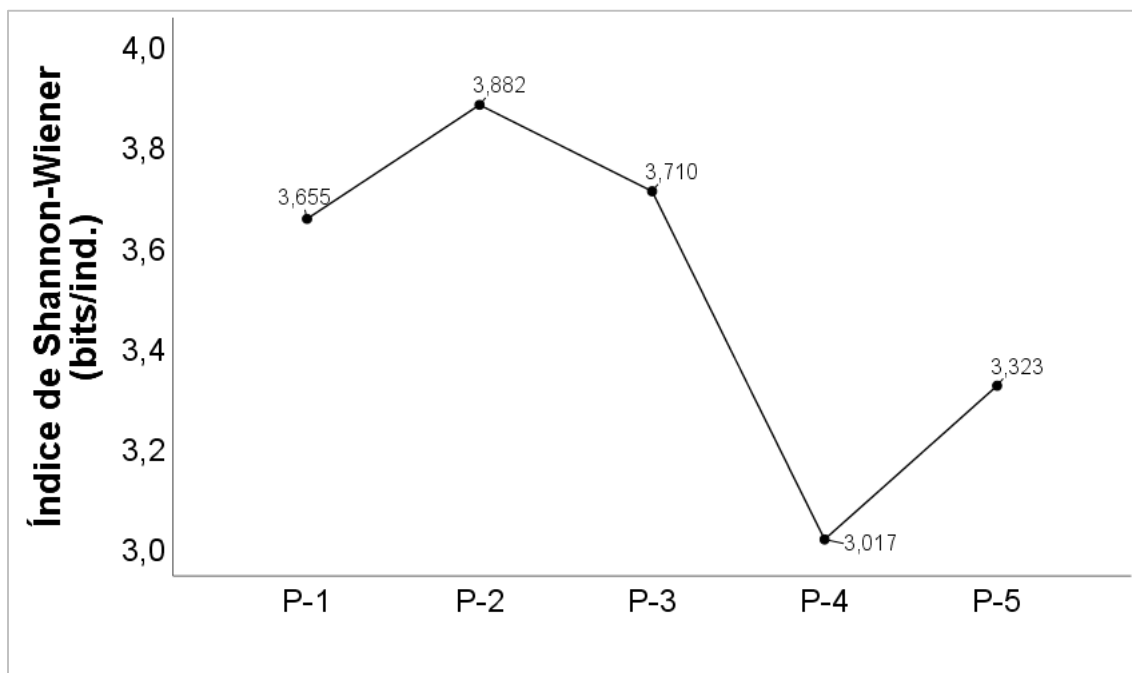
#### 4.1.4 Índice de Shannon-Wiener

En el bosque primario del fundo Cristo Redentor, el mayor valor de índice de diversidad de Shannon-Wiener (3,882 bits/ind.) se registra en la parcela 2, seguido de la parcela 3 (3,710 bits/ind.), luego la parcela 1 (3,655 bits/ind.) y por último la parcela 5 (3,323 bits/ind.) y 4 (3,017 bits/ind.) (Figura 7), lo cual demuestra que la parcela 2, 3 y 1 denotan mayor abundancia y riqueza por la mayor cantidad de especies registradas en estas a comparación de las otras dos parcelas.

En conjunto, las parcelas 1, 2, 3 y 4 presentan diversidad alta al encontrarse los valores de índice de Shannon-Wiener en el rango de 3,1 a 4,5 bits/ind. (Tabla 2) y solo la parcela 5 presenta diversidad media al encontrarse el valor de índice de diversidad entre 1,6 y 3,0 bits/ind. (Tabla 2) (Figura 7); finalmente, a nivel general el bosque primario del fundo Cristo Redentor presenta diversidad alta al encontrarse el valor promedio del índice de Shannon-Wiener (3,517 bits/ind.) entre 3,1 a 4,5 bits/ind.

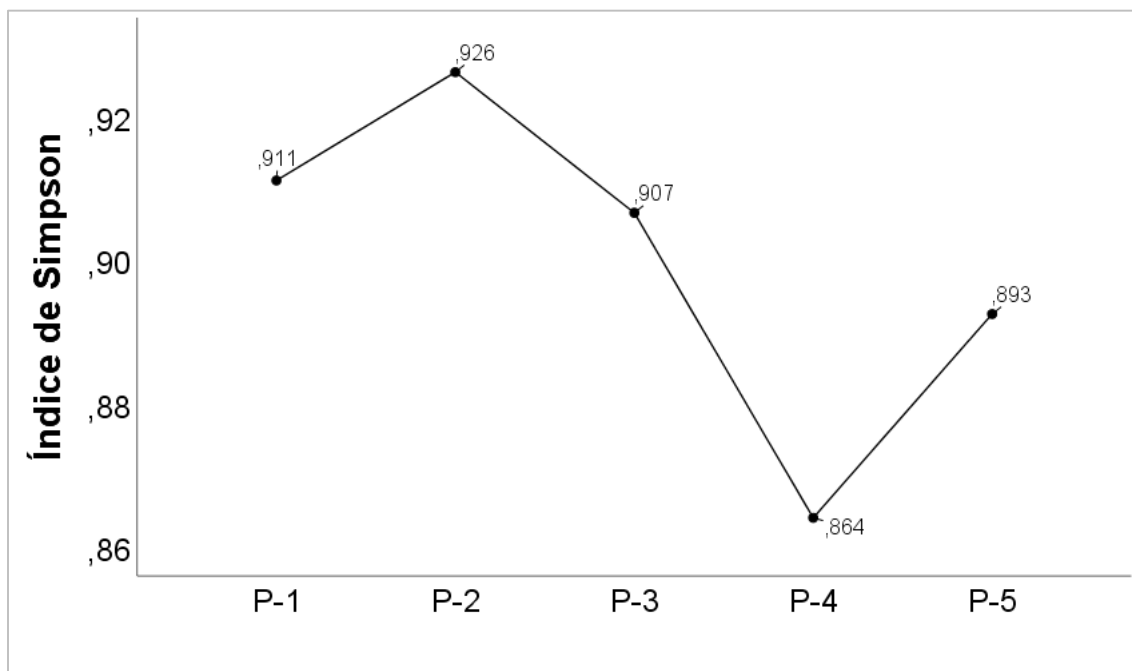
#### 4.1.5 Índice de Simpson

En el bosque primario del fundo Cristo Redentor, el mayor valor de índice de diversidad de Simpson (0,926) se registra en la parcela 2, seguido de la parcela 1 (0,911), luego la parcela 3 (0,907) y por último la parcela 5 (0,893) y 4 (0,864) (Figura 8), lo cual demuestra que la parcela 2, 1 y 3 denotan mayor heterogeneidad de especies a comparación de las otras dos parcelas.



**Figura 7.** Diversidad de Shannon-Wiener en el bosque primario del fundo Cristo Redentor.

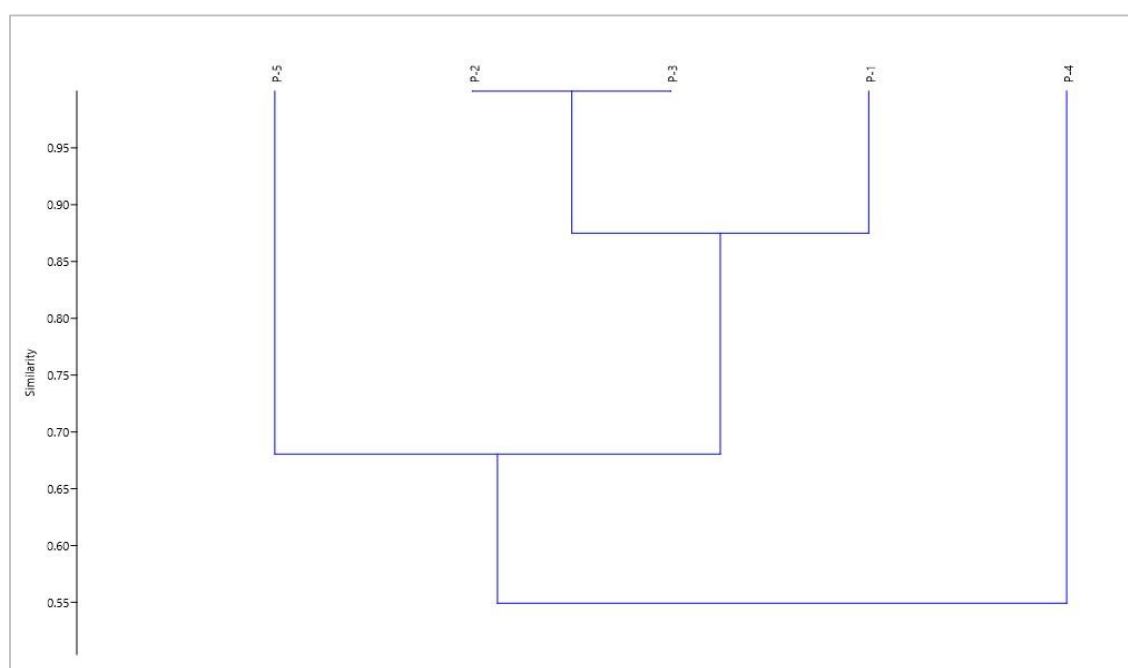
En conjunto, todas las parcelas estudiadas presentan diversidad alta al encontrarse los valores de índice de Simpson en el rango de 0,76 a 1,00 (Tabla 3) (Figura 8); finalmente, a nivel general el bosque primario del fundo Cristo Redentor presenta diversidad alta al encontrarse el valor promedio del índice de Simpson (0,900) entre 0,76 a 1,00.



**Figura 8.** Diversidad de Simpson en el bosque primario del fundo Cristo Redentor.

#### 4.1.6 Índice de Jaccard

El dendograma de similitud de nivel de especies muestra que la parcela 2 y 3 presentan un grado aproximado de similitud de especies del 99,0%, los mismos que con la parcela 1 presentan un nivel de similitud de especies menor de 87,5%, estas tres parcelas colindan principalmente con una quebrada y al mismo tiempo presentan mayor abundancia y riqueza de especies; al mismo tiempo, las tres parcelas mencionadas presentan un menor grado de similitud de especies de 68,0% con la parcela 5; y, por último, la parcela 4 presenta un grado de similitud de solo el 55,0% con las demás parcelas, debido a que no comparte una gran cantidad de especies en común (Figura 9).



**Figura 9.** Similitud de especies por parcelas según Jaccard.

#### 4.1.7 Abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia (IVI) de especies arbóreas identificadas en el bosque primario del fundo Cristo Redentor

En el bosque primario del fundo Cristo Redentor, se determinó que la especies con mayor abundancia son: *Calycophyllum spruceanum* "Capirona" (17,65%), *Myroxylon balsamum* "Estoraque" (8,82%), *Swietenia macrophylla* "Caoba" (8,24%), *Amburana cearensis* "Ishpingo" (8,24%) y *Cedrela odorata* "Cedro" (7,06%); las cuales en conjunto representan el 50,0% de la abundancia y las 11 especies restantes representan el 50,0% de la abundancia relativa (Tabla 4).

Asimismo, las especies con mayor frecuencia son: *Calycophyllum spruceanum* “Capirona”, *Myroxylon balsamum* “Estoraque”, *Swietenia macrophylla* “Caoba”, *Amburana cearensis* “Ishpingo” y *Cedrela odorata* “Cedro”, todas con el 7,58% de frecuencia; las cuales en conjunto representan el 37,9% y las 11 especies restantes representan el 62,1% de frecuencia relativa (Tabla 4).

Por otro lado, las especies con mayor dominancia también son: *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (26,07%), *Myroxylon balsamum* “Estoraque” (12,38%), *Swietenia macrophylla* “Caoba” (10,97%), *Amburana cearensis* “Ishpingo” (10,52%) y *Cedrela odorata* “Cedro” (10,02%); las cuales en conjunto representan el 70,0% de la dominancia y las 11 especies restantes representan el 30,0% de la dominancia relativa (Tabla 4).

Finalmente, de las 16 especies identificadas en el bosque primario del fundo Cristo Redentor se determinó que las 5 especies con mayor valor de importancia al 300 y 100% son: *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (51,29 y 17,10%), *Myroxylon balsamum* “Estoraque” (28,78 y 9,59%), *Swietenia macrophylla* “Caoba” (26,78 y 8,93%), *Amburana cearensis* “Ishpingo” (26,33 y 8,78%) y *Cedrela odorata* “Cedro” (24,65 y 8,22%); las cuales en conjunto representan el 157,8 y 52,6% de IVI al 300 y 100% respectivamente (Tabla 4).

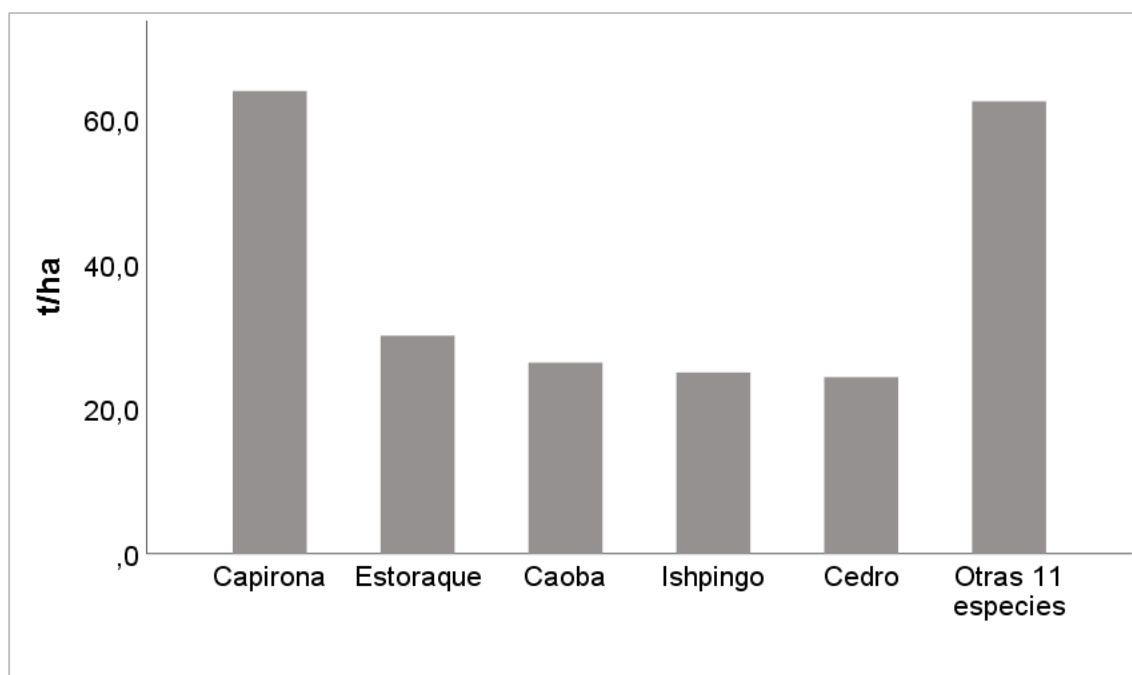
**Tabla 4**

*Abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia (IVI) de 5 especies arbóreas más representativas*

Especies	Abundancia relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	IVI (300%)	IVI (100%)
Capirona	17,65	7,58	26,07	51,29	17,10
Estoraque	8,82	7,58	12,38	28,78	9,59
Caoba	8,24	7,58	10,97	26,78	8,93
Ishpingo	8,24	7,58	10,52	26,33	8,78
Cedro	7,06	7,58	10,02	24,65	8,22

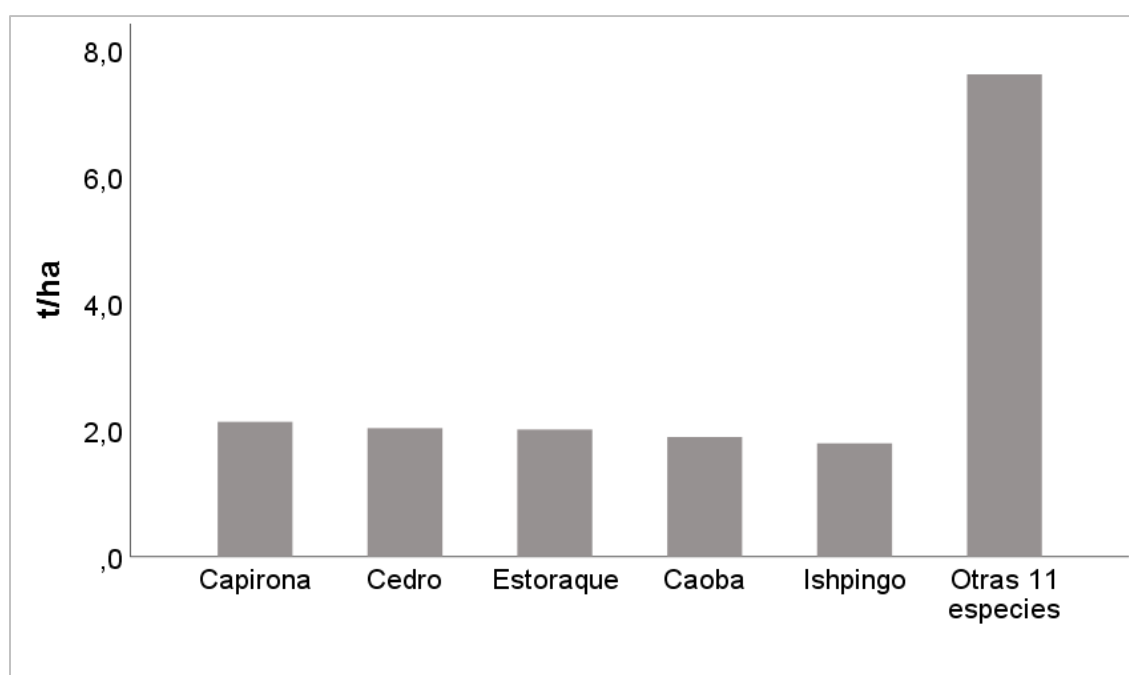
#### **4.2 Biomasa arbórea de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor**

En el bosque primario Cristo Redentor, dentro de las cinco especies predominantes con mayor aporte de biomasa arbórea está *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (63,96 t/ha), seguido de *Myroxylon balsamum* “Estoraque” (30,14 t/ha), *Swietenia macrophylla* “Caoba” (26,40 t/ha), *Amburana cearensis* “Ishpingo” (25,04 t/ha) y *Cedrela odorata* “Cedro” (24,41 t/ha), los cuales en conjunto aportan el 73,10% de la biomasa arbórea por hectárea en el bosque primario Cristo Redentor (Figura 10).



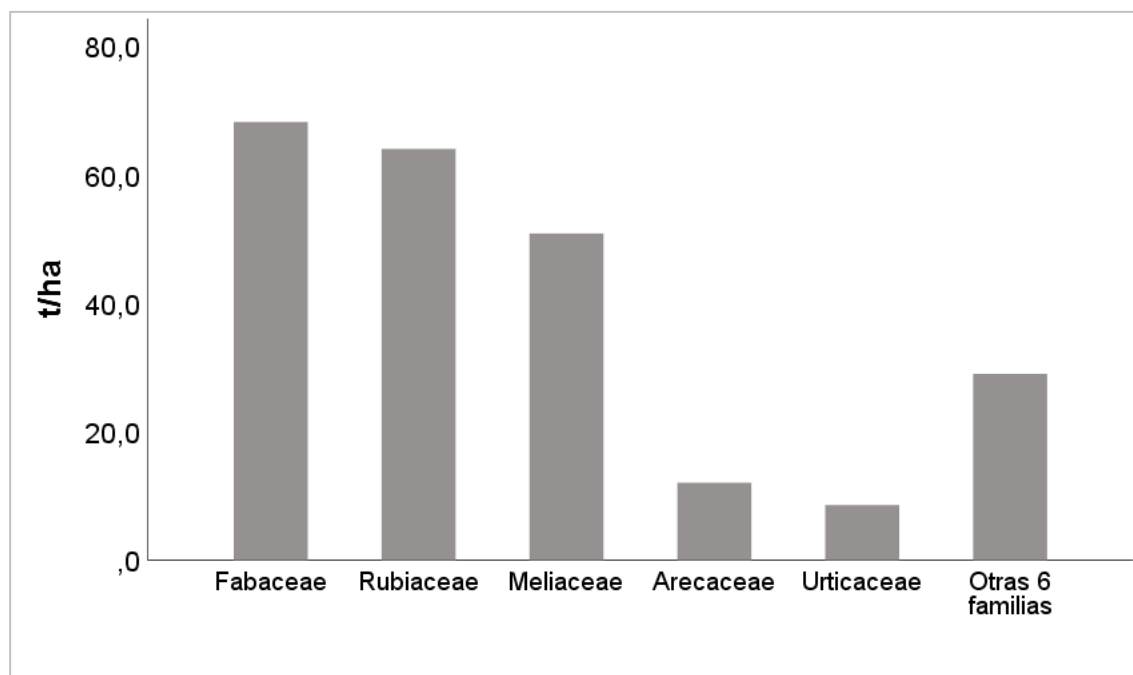
**Figura 10.** Biomasa arbórea total (t/ha) según especies.

En el bosque primario Cristo Redentor, el mayor aporte de biomasa arbórea de una sola especie lo genera *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (2,13 t/ha), seguido de *Cedrela odorata* “Cedro” (2,03 t/ha), *Myroxylon balsamum* “Estoraque” (2,01 t/ha), *Swietenia macrophylla* “Caoba” (1,89 t/ha) y *Amburana cearensis* “Ishpingo” (1,79 t/ha), cuyos árboles en conjunto aportan el 56,37% de la biomasa arbórea por hectárea en el bosque primario Cristo Redentor (Figura 11).



**Figura 11.** Biomasa arbórea total (t/ha) de un solo individuo por especie.

En el bosque primario Cristo Redentor, dentro de las cinco familias predominantes con mayor aporte de biomasa arbórea esta Fabaceae (68,14 t/ha), seguido de Rubiaceae (63,96 t/ha), Meliaceae (50,80 t/ha), Arecaceae (12,05 t/ha) y Urticaceae (8,56 t/ha), los cuales en conjunto aportan el 87,54% de la biomasa arbórea por hectárea en el bosque primario Cristo Redentor (Figura 12).



**Figura 12.** Biomasa arbórea total (t/ha) según familias.

La mayor cantidad de biomasa arbórea (384,49 t/ha) se registra en la parcela 3, mientras que la menor cantidad (132,90 t/ha) se determinó en la parcela 1. Asimismo, en promedio una hectárea de bosque primario del fundo Cristo Redentor aporta 232,48 t/ha de biomasa arbórea (Tabla 5), lo que hace que todo el bosque primario aporte 5 812,07 t de biomasa arbórea total.

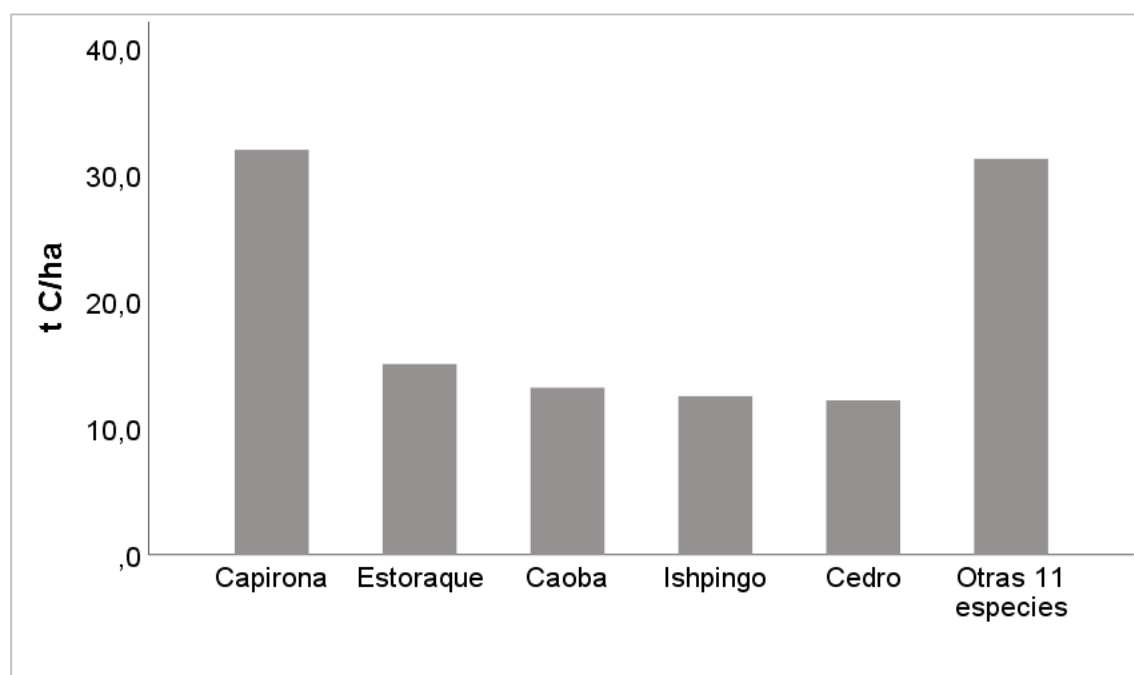
**Tabla 5**

*Biomasa aérea total (t/ha) en las 5 parcelas evaluadas*

Parcelas	Biomasa aérea total (t/ha)
1	132,90
2	313,30
3	384,49
4	154,19
5	177,54
Promedio	232,48

### 4.3 Carbono almacenado de cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor

En el bosque primario Cristo Redentor, dentro de las cinco especies predominantes con mayor almacenamiento de carbono está *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (31,98 t C/ha), seguido de *Myroxylon balsamum* “Estoraque” (15,07 t C/ha), *Swietenia macrophylla* “Caoba” (13,20 t C/ha), *Amburana cearensis* “Ishpingo” (12,52 t C/ha) y *Cedrela odorata* “Cedro” (12,20 t/ha), los cuales en conjunto almacenan el 73,10% de carbono por hectárea en el bosque primario Cristo Redentor (Figura 13).

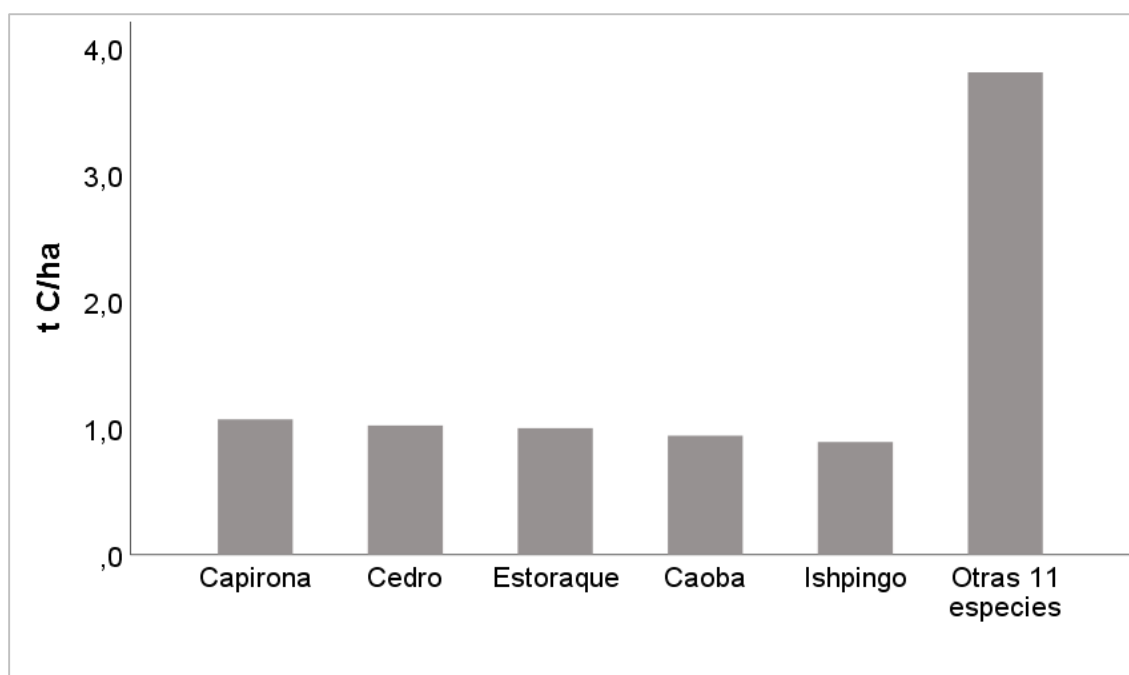


**Figura 13.** Carbono almacenado (t C/ha) según especies.

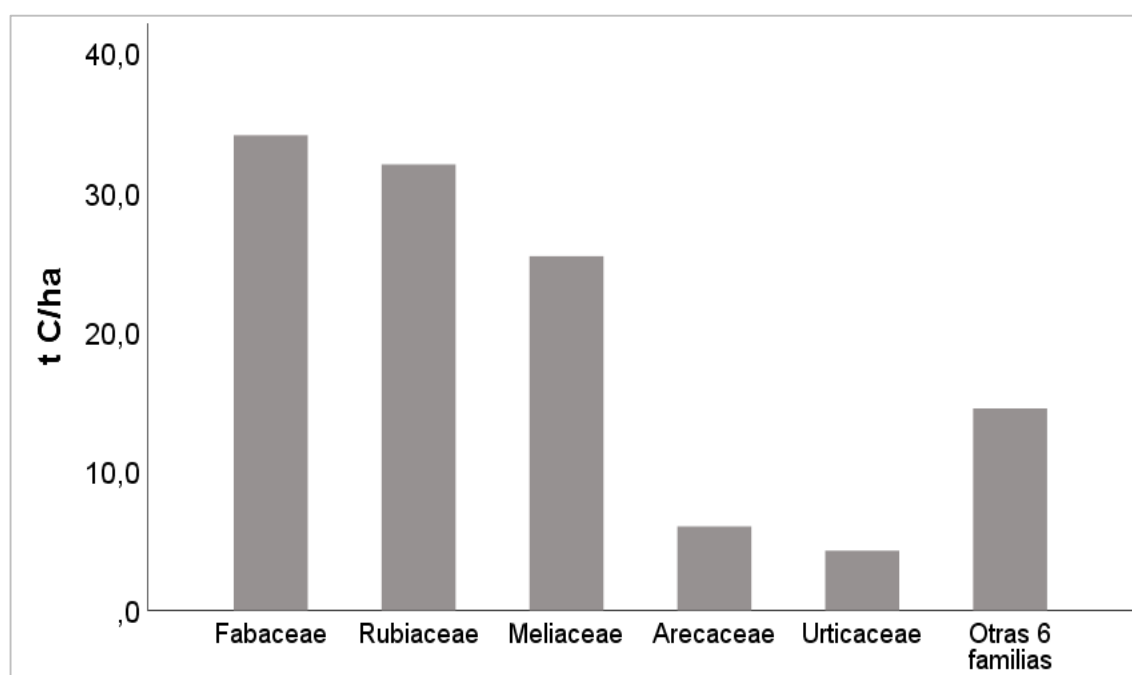
En el bosque primario Cristo Redentor, la mayor cantidad de carbono almacenado de una sola especie lo genera *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (1,07 t C/ha), seguido de *Cedrela odorata* “Cedro” (1,02 t C/ha), *Myroxylon balsamum* “Estoraque” (1,00 t C/ha), *Swietenia macrophylla* “Caoba” (0,94 t/ha) y *Amburana cearensis* “Ishpingo” (0,89 t C/ha), cuyos árboles en conjunto almacenan el 56,37% de carbono por hectárea en el bosque primario Cristo Redentor (Figura 14).

En el bosque primario Cristo Redentor, dentro de las cinco familias predominantes con mayor almacenamiento de carbono esta Fabaceae (34,07 t C/ha), seguido de Rubiaceae (31,98 t C/ha), Meliaceae (25,40 t C/ha), Arecaceae (6,02 t C/ha) y Urticaceae (4,28 t C/ha), los cuales en conjunto almacenan el 87,54% de carbono por hectárea en el bosque primario Cristo Redentor (Figura 15).





**Figura 14.** Carbono almacenado (t C/ha) de un solo individuo por especie.



**Figura 15.** Carbono almacenado (t C/ha) según familias.

La mayor cantidad de carbono almacenado (192,25 t C/ha) se registra en la parcela 3, mientras que la menor cantidad (66,45 t C/ha) se determinó en la parcela 1. Asimismo, en promedio una hectárea de bosque primario del fundo Cristo Redentor almacena 116,24 t C/ha de carbono (Tabla 6), lo que hace que todo el bosque primario almacene 2 906,03 t de carbono total.

**Tabla 6**  
*Carbono almacenado (t C/ha) en las 5 parcelas evaluadas*

Parcelas	Carbono almacenado (t C/ha)
1	66,45
2	156,65
3	192,25
4	77,10
5	88,77
Promedio	116,24

#### 4.4 Discusión de resultados

En una muestra de 7 000 m<sup>2</sup> en el “bosque montano Los Lanches, Chota – Perú” Peralta (2022), registró un total de 833 individuos en 33 especies y 27 familias, resultados que superan a lo encontrado en el bosque primario del fundo Cristo Redentor en una muestra de 10 000 m<sup>2</sup> donde se encontró 170 árboles en 16 especies y 11 familias, lo que demuestra una mayor abundancia de individuos y riqueza de especies en el área de estudio del mencionado autor al haber considerado a especies  $\geq 5$  cm de DAP, además no comparte en común las especies más representativas debido a factores externos como tipo de bosques y climas distintos.

En el bosque de las Nuwas, Vásquez (2020), determinó que *Cedrelinga cateniformis* “Tornillo” fue la especie con mayor DAP (61,5 cm) y con mayor área basal (0,297 m<sup>2</sup>); al respecto, en la presente investigación se identificó también la especie mencionada donde el valor máximo de DAP fue 45,3 cm y 0,161 m<sup>2</sup> de área basal, siendo *Calycophyllum spruceanum* “capirona” la especie con mayor DAP (60 cm) y con mayor área basal (0,283 m<sup>2</sup>), afirmando lo referido por el autor de que en bosques primarios es posible encontrar DAP elevados ya que son bosques intactos por mucho tiempo.

*Calycophyllum spruceanum* “capirona” fue la especie con mayor abundancia (17,65%), frecuencia (7,58%), dominancia (26,07%) e índice de valor de importancia al 300% (51,29%) e *Inga spp* “Sacha shimbillo” fue la especie con menor abundancia (2,35%), frecuencia (3,03%), dominancia (0,94%) e índice de valor de importancia al 300% (6,32%); cuya diferencia se debe principalmente a que la especie capirona presenta mayor número de individuos, los cuales tienen mayor DAP y se encuentran en todas las parcelas estudiadas a diferencia de la especie Sacha shimbillo que solo se identificaron 4 individuos en solo 2 parcelas de estudio.

Las 5 especies con mayor valor de importancia al 300% fueron: *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (51,29%), *Myroxylon balsamum* “Estoraque” (28,78%), *Swietenia macrophylla* “Caoba” (26,78%), *Amburana cearensis* “Ishpingo” (26,33%) y

*Cedrela odorata* “Cedro” (24,65%), los cuales presentan una elevada importancia ecológica y dominio florístico con respecto a las demás 11 especies identificadas, tal y como lo sustenta Ordóñez (2002), que, 300% es el máximo valor de índice de importancia para un bosque y cuanto más se aproxime una especie a tal valor, mayor dominio florístico e importancia biológica tendrá.

Se determinó que la especie y familia que aporta mayor biomasa arbórea es *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (63,69 t/ha) y Fabaceae (68,14 t/ha); al respecto, Oré et al. (2021) “Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva” que es un bosque natural determinó que la especie *Cedrelinga cateniformis* “Tornilo” (18,51 t/ha) y la familia Fabaceae (54,12 t/ha) son las que aportan mayor biomasa arbórea, lo que demuestra una mayor abundancia y DAP de la Capirona en el área de estudio, existiendo similitud en los valores para la misma familia; asimismo, en el bosque primario del Fundo Cristo Redentor la especie Tornillo aporta 11,18 t/ha de biomasa arbórea lo cual está en función a la cantidad y DAP.

Flores (2021), en un bosque de colina baja evaluó cuatro parcelas siendo el mayor y menor valor de biomasa arbórea 218,67 y 185,25 t/ha respectivamente, y el valor mayor y menor de stock de carbono 109,33 y 92,56 t C/ha respectivamente; al respecto en la presente investigación de 5 parcelas estudiadas el mayor y menor valor de biomasa arbórea fue 384,49 y 132,90 t/ha respectivamente, y el mayor y menor valor de stock de carbono fue 192,25 y 66,45 t C/ha respectivamente, existiendo una diferencia mayor entre valores en el área estudiado, lo cual se debe a que hay parcelas que presentar menor riqueza y diversidad de especies, además de que no comparten especies con las demás parcelas.

Los resultados de carbono almacenado (116,24 t C/ha) de la biomasa arbórea superan a lo encontrado por Vásquez (2020) en el bosque de las Nuwas (58,895 t C/ha), lo que demuestra una mayor diversidad de especies en el bosque primario del fundo Cristo Redentor, ya que según Arévalo et al. (2003), la cantidad de carbono almacenado se encuentra en función a la heterogeneidad y se encuentra determinado por condiciones climáticas y del suelo, debido a que hay árboles con diferentes diámetros, crecimientos y especies.

Bravo (2019), determinó que en el bosque natural El Pango la capacidad de captura de carbono en un total de 20 ha es de 397,49 t; al respecto, el bosque primario del fundo Cristo Redentor en base a 20 ha captaría en total es de 2 324,83 t de carbono, cifra que supera en un gran porcentaje a lo reportado por el mencionado autor; esto se debe a

que en el área estudiado la capacidad de captura en una hectárea es mayor a lo determinado por el autor en su área de estudio.

Díaz et al. (2016), determinaron que un bosque primario tiene la capacidad de almacenar mayor cantidad de carbono que un bosque secundario y que estos almacenan más carbono que un sistema agroforestal, por lo cual el cambio de bosques a plantaciones minimizan la capacidad de captura de carbono y de CO<sub>2</sub>, ante ello, se recomienda desarrollar investigaciones referidas al stock de carbono en diversos sistemas de uso de tierra en el distrito de tres unidos, con el objetivo de concientizar a autoridades, agricultores y población en general acerca de la importancia de conservar y proteger nuestros bosques naturales.

## CONCLUSIONES

1. En el bosque primario del fundo Cristo Redentor hay un total de 170 árboles presentes en 16 especies y 11 familias, siendo las parcelas 2 y 3 donde hay mayor cantidad de individuos y mayor riqueza de especies; asimismo, el bosque primario presenta un índice promedio alto de diversidad de Shannon-Wiener (3,517 bits/ind.) y de Simpson (0,900); por último, las especies de: Capirona, Estoraque, Caoba, Ishpingo y Cedro presentan mayor abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia al 300 y 100%.
2. Una hectárea de bosque primario del fundo Cristo Redentor aporta en promedio 232,48 t/ha de biomasa arbórea, donde *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (63,96 t/ha) y Fabaceae (68,14 t/ha) son la especie y familia que mayor cantidad de biomasa arbórea aportan, respectivamente; asimismo, el bosque primario aporta en base a las 25 ha un total de 5 812,07 t de biomasa arbórea.
3. Una hectárea de bosque primario del fundo Cristo Redentor almacena en promedio 116,24 t C/ha de carbono, donde *Calycophyllum spruceanum* “Capirona” (31,98 t C/ha) y Fabaceae (34,07 t C/ha) son la especie y familia que almacenan mayor cantidad de carbono, respectivamente; asimismo, el bosque primario almacena en base a las 25 ha un total de 2 906,03 t de carbono.
4. En respuesta a la hipótesis planteada se concluye que, las cinco especies predominantes con mayor stock de carbono son: *Calycophyllum spruceanum* “Capirona”, seguido de *Myroxylon balsamum* “Estoraque”, *Swietenia macrophylla* “Caoba”, *Amburana cearensis* “Ishpingo” y *Cedrela odorata* “Cedro”, los cuales en conjunto almacenan el 73,10% de carbono por hectárea del bosque primario Cristo Redentor.

## RECOMENDACIONES

1. A los responsables del bosque primario del fundo Cristo Redentor, desarrollar una valoración económica, tomando en consideración la totalidad de servicios ambientales que este ecosistema ofrece; y, establecer mecanismos de retribución económica a fin de implementar el pago de servicios ambientales de carbono.
2. A investigadores, recomendar desarrollar estudios en el bosque primario del Fundo Cristo Redentor desarrollando un análisis taxonómico de la totalidad de especies de acuerdo a una clave taxonómica, a fin de contar con un inventariado taxonómico detallado de las especies del bosque primario; asimismo, recomendar desarrollar investigaciones de carbono almacenado en la necromasa a fin de complementar la información encontrada.
3. A la municipalidad distrital de Tres Unidos, promover el financiamiento para el desarrollo de investigaciones de determinación de stock de carbono en los diferentes tipos de bosques presentes en la jurisdicción del distrito.
4. A estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín, recomendarles desarrollar investigaciones referidas a la determinación del stock de carbono en diferentes distritos y tipos de bosques de la región San Martín, a fin de aportar información científica relevante para las personas y entes pertinentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo, L., Alegre, J., y Palm, CH. (2003). *Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú*.
- Atsbha, T., Belayneh Desta, A., & Zewdu, T. (2019). Carbon sequestration potential of natural vegetation under grazing influence in Southern Tigray, Ethiopia: implication for climate change mitigation. *Heliyon*, 5(8), e02329. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E02329>
- Benjamin, J. (1999). Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. In S. Instituto Nacional de Ecología (Ed.), *director* (1st ed.).
- Bravo, G. (2019). Estimación de la captura de carbono en el bosque natural el Pargo. In *Repositorio Institucional - UCV*. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39446>
- Brienen, R. J. W., Phillips, O. L., Feldpausch, T. R., Gloor, E., Baker, T. R., Lloyd, J., Lopez-Gonzalez, G., Monteagudo-Mendoza, A., Malhi, Y., Lewis, S. L., Vásquez Martínez, R., Alexiades, M., Álvarez Dávila, E., Alvarez-Loayza, P., Andrade, A., Aragañ, L. E. O. C., Araujo-Murakami, A., Arets, E. J. M. M., Arroyo, L., ... Zagt, R. J. (2015). Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, 519(7543), 344–348. <https://doi.org/10.1038/nature14283>
- Buchwald, E. (2005). A hierarchical terminology for more or less natural forests in relation to sustainable management and biodiversity conservation. In anonymous FAO (Ed.), *Proceedings. Third Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions* (pp. 111–127).
- Carvajal, M. (n.d.). *Investigación sobre la absorción de CO2 por los cultivos más representativos*. [http://www.lescco2.es/pdfs/noticias/ponencia\\_cisc\\_espanol.pdf](http://www.lescco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf)
- Chazdon, R. L., Finegan, B., Capers, R. S., Salgado-Negret, B., Casanoves, F., Boukili, V., & Norden, N. (2010). Composition and dynamics of functional groups of trees during tropical forest succession in Northeastern Costa Rica. *Biotropica*, 42(1), 31–40. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7429.2009.00566.X>
- Correa, J., Van Der Hoff, R., & Rajão, R. (2019). Amazon Fund 10 Years Later: Lessons from the World's Largest REDD+ Program. *Forests 2019*, 10(3), 272. <https://doi.org/10.3390/F10030272>

- Cortez, Y. L. (2021). Pérdida de la cobertura vegetal mediante el uso de imágenes satelitales en la subcuenca Gera, distrito de Jepelacio [Universidad Nacional de San Martín]. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4537>
- Cuellar, J. E., Wolf, K., y Dietz, J. (2015). *Patrón de cambios del carbono almacenado en el ecosistema debido al cambio de uso del bosque tropical en la Cuenca de Aguaytía, Perú.*
- Dancé, J. J., y Sáenz, D. F. (2013). *Estado de la situación y gestión ambiental en Perú.* <https://docplayer.es/58237194-Estado-de-la-situacion-y-gestion-ambiental-en-peru.html>
- Dantas, D., de Castro, M., Rodrigues, L. O., Calegario, N., & Mandarano, S. (2020). Above and belowground carbon stock in a tropical forest in Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43, e48276. <https://doi.org/10.4025/ACTASCIAGRON.V43I1.48276>
- Dávalos, R. (2008). *Almacenamiento de Carbono.*
- Dellasala, D., Fitzgerald, J., Gunnar, B., Mcneely, J., Delali, B., Dieterich, M., Majluf, P., Nemtsov, S., Nevin, O., Parsons, E., & Watson, J. (2012). Priority actions for sustainable forest management in the international year of forests. *Diversity*, 26(5), 572–575. <https://www.jstor.org/stable/23256409>
- Díaz, P., Fachin, G., Tello, C., y Arévalo, L. (2016). Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra, en la región San Martín Perú. *RINDERESU*, 1(2), 57–67. <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/viewFile/22/06>
- Durán, L. (2005). *Evaluación de la producción y productividad en biomasa aérea de boldo (Peumus boldus Mol.) en un bosque esclerófilo de la comuna de María Pinto, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana.* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105086>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2022). *Overview of greenhouse gases.* United States Environmental Protection Agency (EPA). <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Flores, K. M. (2021). Estimación del carbono almacenado en la biomasa de los árboles en un bosque de colina baja, distrito Tahuania - Región Ucayali. In *Universidad Nacional de Ucayali.* Universidad Nacional de Ucayali. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5175>



- Fonseca, W., Alice, F., y Rey, J. M. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque*, 30(1), 36–47. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002009000100006>
- Foster, J. (2022). *Carbon capture: Reversing climate pollution*. Environmental Defense Fund. <https://www.edf.org/article/carbon-capture-fight-climate-change-stop-climate-pollution>
- Fundación para la Conservación del Agua y de la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA). (2020). *Importancia de los bosques*. FUNCAGUA. <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/04/m%C3%B3dulo-3-importancia-de-bosques.pdf>
- Funk, J. M., Aguilar-Amuchastegui, N., Baldwin-Cantello, W., Busch, J., Chuvasov, E., Evans, T., Griffin, B., Harris, N., Ferreira, M. N., Petersen, K., Phillips, O., Soares, M. G., & van der Hoff, R. J. A. (2019). Securing the climate benefits of stable forests. *Climate Policy*, 19(7), 845–860. <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1598838>
- Gayoso, J. (2002). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1(1), 1–13. <http://www.forest.ula.ve/rforibam/archivos/DOC1.pdf>
- Griggs, D. J., & Noguera, M. (2002). Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Weather*, 57(8), 267–269.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2005). *Informe especial del IPCC. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Resumen para responsables de políticas Resumen técnico* (B. Metz & O. Davidson, Eds.). <http://www.ipcc.ch/meet/session20/fi>
- Guerrero, I., y Tejada, L. A. (2018). Valoración económica del servicio ambiental de CO<sub>2</sub> del bosque primario del fundo Montana ubicado en el caserío Puerto Pakui del distrito de Imaza, provincia de Bagua, región Amazonas 2017 [Universidad de Lambayeque]. <https://repositorio.udl.edu.pe/jspui/handle/UDL/178>
- Hall, D. (1998). La biomasa un sustituto energético: sustitución de combustibles fósiles o sumideros de carbono, las repercusiones del uso de biomasa para el Protocolo de Kyoto. *Actualidad Forestal Tropical*.

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Honorio, E. N., y Baker, T. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos* (E. N. Honorio, Ed.). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana / Universidad de Leeds.
- Iroz, N., Juambelz, L., Cruz, J., Muñoz, D., Sosa, J., Maceiras, R., Avila, E., Delozano, M., Aguirre, F., y Torres, M. (2018). *El ciclo biológico del carbono*. <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qcasis/com64cbiol.pdf>
- Joshi, V. C., Negi, V. S., Bisht, D., Sundriyal, R. C., & Arya, D. (2021). Tree biomass and carbon stock assessment of subtropical and temperate forests in the Central Himalaya, India. *Trees, Forests and People*, 6, 100147. <https://doi.org/10.1016/J.TFP.2021.100147>
- Krebs. (1995). *Valoración de los servicios ambientales de los bosques tropicales*.
- Krebs, C. J. (1985). *Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia* (Segunda). HARLA, S.A.
- Kuuluvainen, T., & Gauthier, S. (2018). Young and old forest in the boreal: critical stages of ecosystem dynamics and management under global change. *Forest Ecosystems*, 5(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S40663-018-0142-2/FIGURES/4>
- Lapeyre, T., Alegre, J., y Arévalo, L. (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 3(1–2), 35–44. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162004000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162004000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Ledesma, S. G., Sione, S. M., Ozsust, J. D., & Rosenberger, L. J. (2021). Content estimation and capture carbon potential in biomass tree of Espinal native forests (Entre Ríos, Argentine). *Fave. Sección Ciencias Agrarias*, 20(1), 331–345. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1666-77192021000100331&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1666-77192021000100331&script=sci_abstract&tlng=en)
- Lindsey, R. (2022). *Climate change: Atmospheric carbon dioxide*. NOAA Climate.Gov. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- Liu, Z., Ciais, P., Deng, Z., Lei, R., Davis, S. J., Feng, S., Zheng, B., Cui, D., Dou, X., Zhu, B., Guo, R., Ke, P., Sun, T., Lu, C., He, P., Wang, Y., Yue, X., Wang, Y., Lei,

- Y., ... Schellnhuber, H. J. (2020). Near-real-time monitoring of global CO<sub>2</sub> emissions reveals the effects of the COVID-19 pandemic. *Nature Communications*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18922-7>
- Locatelli, B., y Leonard, S. (2001). Un método para medir el carbono almacenado en los bosques de Malleco (Chile). *Bois et Forêts Des Tropiques*, 267(1), 69–81. [https://agritrop.cirad.fr/478866/1/document\\_478866.pdf](https://agritrop.cirad.fr/478866/1/document_478866.pdf)
- Mackey, B., DellaSala, D. A., Kormos, C., Lindenmayer, D., Kumpel, N., Zimmerman, B., Hugh, S., Young, V., Foley, S., Arsenis, K., Watson, J. E., Brendan Mackey, C., & Climate Change, G. (2015). Policy options for the world's primary forests in multilateral environmental agreements. *Conservation Letters*, 8(2), 139–147. <https://doi.org/10.1111/CONL.12120>
- Mackey, B., Prentice, I. C., Steffen, W., House, J. I., Lindenmayer, D., Keith, H., & Berry, S. (2013). Untangling the confusion around land carbon science and climate change mitigation policy. *Nature Climate Change* 2013 3:6, 3(6), 552–557. <https://doi.org/10.1038/nclimate1804>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.
- Marcén, C. (2007). *Escuelas Amigas de los Bosques. Guía de recursos didácticos*.
- Masera, O., Astier, M., y Lopéz, S. (2002). *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales: el marco de evaluación MESMIS*.
- Mcperson, E. G. (1998). Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento's urban forest. *Journal of Arboriculture*, 24(4), 215–223. <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/61659>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2683-guia-de-inventario-de-la-flora-y-vegetacion>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Estrategia nacional sobre bosques y cambio climático*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/ESTRATEGIA-NACIONAL-SOBRE-BOSQUES-Y-CAMBIO-CLIM%C3%81TICO-DECRETO-SUPREMO-007-2016-MINAM11.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Cobertura y deforestación en los bosques húmedos amazónicos 2018*. <http://www.bosques.gob.pe/archivo/Apuntes-del-Bosque-N1.pdf>

- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2022). *San Martín: Reporte Estadístico Departamental, diciembre 2021*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/san-martin-reporte-estadistico-departamental-diciembre-2021>
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. (Vol. 1). M&T–Manuales y Tesis SEA. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Niranjana, K. S., & Viswanath, S. (2005). *APANews - Asia-Pacific Agroforestry Newsletter*.
- Nowak, D. J., & Crane, D. E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116(3), 381–389. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00214-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7)
- Ordóñez, H. A. (2002). *Evaluación de la diversidad florística y estructura de los bosques secundarios altoandinos del municipio de Pasto, Nariño*. Universidad Nacional de Colombia.
- Oré, L. E., Soto, Y. C., Loarte, W. C., Soto, L. E., Oré, E., Aguirre, C., y Díaz, E. (2021). Reserva de carbono en la biomasa aérea viva de un bosque natural en la Provincia de Leoncio Prado – Huánuco. *Qantu Yachay*, 2(2), 30–43. <https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v2i2.28>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2001). *Situación de los bosques en el mundo*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *Los bosques y el cambio climático en el Perú*. <http://www.fao.org/3/i5184s/i5184s.pdf>
- Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2010). *Key findings: newest information and knowledge about the world's Global Forest Resources*. <https://foris.fao.org/static/data/fra2010/KeyFindings-en.pdf>
- Otzen, T., y Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol.*, 35(1), 227–232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Palomino, D. (2007). *Estimación del servicio ambiental de captura del CO2 en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. [http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2146/1/2007\\_Estimacion%20del%20servicio%20ambiental%20de%20captura%20del%20CO2%20en%20la%20flora%20de%20Los%20Humedales%20de%20Puerto%20Viejo.pdf](http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2146/1/2007_Estimacion%20del%20servicio%20ambiental%20de%20captura%20del%20CO2%20en%20la%20flora%20de%20Los%20Humedales%20de%20Puerto%20Viejo.pdf)

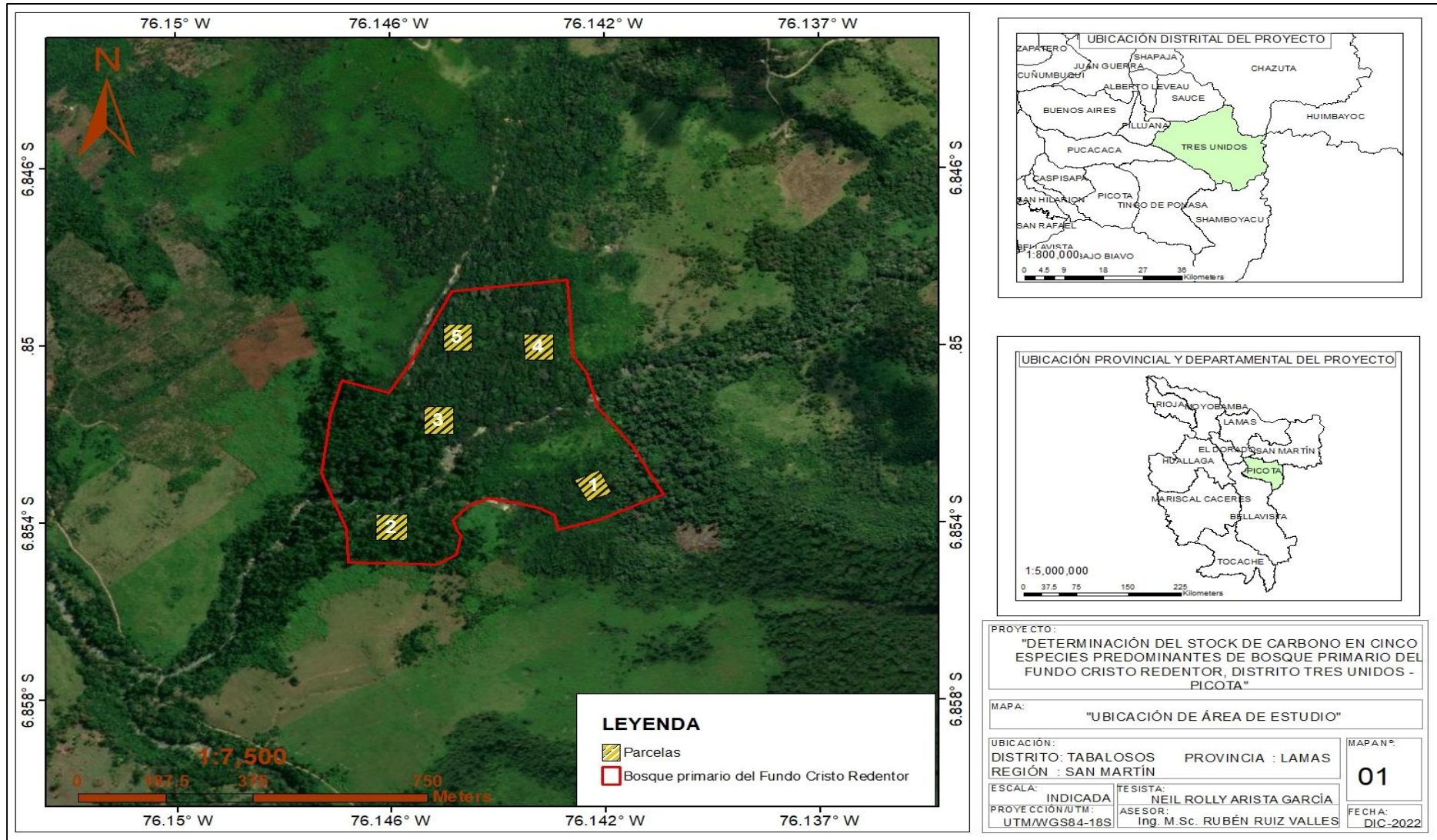
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988–993. [https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1201609/SUPPL\\_FILE/PAPV2.PDF](https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1201609/SUPPL_FILE/PAPV2.PDF)
- Pardé, J. D. (1980). Forest biomass. *Review Article. Forestry Abstract*, 41, 343–362.
- Peralta, M. A. (2022). *Estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea del bosque montano Los Lanches, Chota – Perú*. [Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/199>
- Popkin, G. (2019). How much can forests fight climate change? *Nature*, 565(7737), 280–283. <https://go.gale.com/ps/i.do?p=HRCA&sw=w&issn=00280836&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA573274182&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>
- Ray, B., Churipard, S. R., & Peter, S. C. (2021). An overview of the materials and methodologies for CO<sub>2</sub> capture under humid conditions. *Journal of Materials Chemistry A*, 9(47), 26498–26527. <https://doi.org/10.1039/D1TA08862A>
- Rügnitz, M. T., Chacón, M. L., y Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. <https://www.worldagroforestry.org/publication/guia-para-la-determinacion-de-carbono-en-pequenas-propiedades-rurales>
- Sabogal, A. (2017). Bosques y cambio climático en el Perú. In *Pontificia Universidad Católica del Perú. Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables (INTE-PUCP)*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables (INTE-PUCP). <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/134554>
- Sánchez, C., y Reyes, C. (2006). *Metodología y diseño en la investigación científica* (E. V. Universitaria, Ed.).
- Sandoval, M., Stolpe, N., Zagal, E., Mardones, M., y Junod, J. (2003). El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global. *Theoria*, 12(1), 65–71. <https://www.redalyc.org/pdf/299/29901206.pdf>
- Santias, I. (2020). *El ciclo del carbono: qué es, cómo funciona y su importancia*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/el-ciclo-del-carbono-que-es-como-funciona-y-su-importancia-2999.html>

- Saugier, B., y Pontailier, J. Y. (2006). El ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el Altiplano boliviano. *Ecología En Bolivia*, 41(3), 71–95. <https://ecologiaenbolivia.com/documents/04CicloGlobal41-3.pdf>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2015). *Interpretación de la dinámica de la deforestación en el Perú y lecciones aprendidas para reducirla*. <https://keneamazon.net/Documents/SDG-Peru/PERUVIAN-AMAZON-DEFORESTATION-ANALYSIS-2017.pdf>
- Sierra, Y. (2021). *Perú alcanza cifra de deforestación más alta en los últimos 20 años*. MONGABAY: Periodismo Ambiental Independiente En Latinoamérica. <https://es.mongabay.com/2021/10/peru-aumenta-deforestacion-cifras-bosques/>
- Solaun, K., Larrea, I., Genovés, A., y Muñoz, J. (2013). *Blue Carbon. Propuestas para preservar el carbono azul*. [https://uicnmed.org/bibliotecavirtualposidonia/wp-content/uploads/2014/11/126-Series-Factor-CO2\\_Blue-Carbon.pdf](https://uicnmed.org/bibliotecavirtualposidonia/wp-content/uploads/2014/11/126-Series-Factor-CO2_Blue-Carbon.pdf)
- Soriano-Luna, M., Ángeles-Pérez, G., Martínez-Trinidad, T., Plascencia-Escalante, F., y Razo-Zárate, R. (2015). Estimación de biomasa aérea por componente estructural en Zacualtipán, Hidalgo, México. *Agrociencia*, 49(4). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952015000400006](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000400006)
- Tolangay, D., & Moktan, S. (2022). Assessment of carbon stock and sequestration potential in subtropical forests of Darjeeling, eastern Himalaya. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 12(4), 352–366. [http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2022-12\(4\)/carbon-stock-and-sequestration-potential.pdf](http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2022-12(4)/carbon-stock-and-sequestration-potential.pdf)
- Vallejo, M. I., Londoño, A., López, R., Galeano, G., Álvarez, E., y Devia, W. (2005). *Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia* (Primera edición, Vol. 1). [https://www.researchgate.net/profile/Rene-Lopez-Camacho-2/publication/326882544\\_ESTABLECIMIENTO\\_DE\\_PARCELAS\\_PERMANENTES\\_EN\\_BOSQUES\\_DE\\_COLOMBIA/links/5b6a29a745851546c9f6b5dc/ESTABLECIMIENTO-DE-PARCELAS-PERMANENTES-EN-BOSQUES-DE-COLOMBIA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rene-Lopez-Camacho-2/publication/326882544_ESTABLECIMIENTO_DE_PARCELAS_PERMANENTES_EN_BOSQUES_DE_COLOMBIA/links/5b6a29a745851546c9f6b5dc/ESTABLECIMIENTO-DE-PARCELAS-PERMANENTES-EN-BOSQUES-DE-COLOMBIA.pdf)
- Van Der Sande, M. T., Poorter, L., Kooistra, L., Balvanera, P., Thonicke, K., Thompson, J., Arets, E. J. M. M., Garcia Alaniz, N., Jones, L., Mora, F., Mwampamba, T. H., Parr, T., & Peña-Claros, M. (2017). Biodiversity in species, traits, and structure determines carbon stocks and uptake in tropical forests. *Biotropica*, 49(5), 593–603. <https://doi.org/10.1111/BTP.12453>

- Vásquez, H. (2020). Caracterización de la vegetación arbórea con potencial de captura de carbono en el bosque de las Nuwas – comunidad nativa Shampuyacu, Awajun [Universidad Católica Sedes Sapientiae]. In *Universidad Católica Sedes Sapientiae*. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/747>
- Watson, J. E. M., Evans, T., Venter, O., Williams, B., Tulloch, A., Stewart, C., Thompson, I., Ray, J. C., Murray, K., Salazar, A., McAlpine, C., Potapov, P., Walston, J., Robinson, J. G., Painter, M., Wilkie, D., Filardi, C., Laurance, W. F., Houghton, R. A., ... Lindenmayer, D. (2018). The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature Ecology & Evolution*, 2(4), 599–610. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0490-x>
- Weisse, M., & Goldman, L. (2021). *Primary Rainforest Destruction Increased 12% from 2019 to 2020*. Global Forest Watch. <https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-research/global-tree-cover-loss-data-2020/>
- Zhao, J., Kang, F., Wang, L., Yu, X., Zhao, W., Son, X., Zhang, Y., Chen, F., Sun, Y., He, T., & Han, H. (2014). Patterns of Biomass and Carbon Distribution across a Chronosequence of Chinese Pine (*Pinus tabulaeformis*) Forests. *PLOS ONE*, 9(4), e94966. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0094966>

# ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación del proyecto y distribución de parcelas de muestreo







**Anexo 3. Familias, especies e individuos identificados en el bosque primario del  
Fundo Cristo Redentor**

<b>Familias</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Cantidad de individuos</b>
Arecaceae	“Shapaja”	<i>Attalea phalerata</i>	11
Malvaceae	“Topa”	<i>Ochroma pyramidale</i>	8
	“Estoraque”	<i>Myroxylon balsamum</i>	15
	“Ishpingo”	<i>Amburana cearensis</i>	14
Fabaceae	“Sacha shimbillo”	<i>Inga spp</i>	4
	“Tornillo”	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	12
Lamiaceae	“Pali perro”	<i>Vitex cymosa Bertero</i>	9
Meliaceae	“Caoba”	<i>Swietenia macrophylla</i>	14
	“Cedro”	<i>Cedrela odorata L.</i>	12
Moraceae	“Ojé”	<i>Ficus insipida</i>	5
Myrsinaceae	“Mullaca”	<i>Myrsine oligophylla</i>	11
Myrtaceae	“Guayaba”	<i>Psidium guajava L.</i>	5
Rubiaceae	“Capirona”	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	30
Sferculiaceae	“Bolaina blanca”	<i>Guazuma crinita</i>	4
Urticaceae	“Cético”	<i>Cecropia sciadophylla</i>	10
	“Uvilla”	<i>Pourouma cecropiifolia</i>	6
<b>Total</b>			<b>170</b>

**Anexo 4. Índice de valor de importancia de especies en el bosque primario del Fundo Cristo Redentor**

Especies	Nombre científico	Familia	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia relativa (%)	I.V.I. (300 %)	I.V.I. (100 %)
“Capirona”	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook	Rubiaceae	30	17,65	5	7,58	4,93	26,07	51,29	17,10
“Estoraque”	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms.	Fabaceae	15	8,82	5	7,58	2,34	12,38	28,78	9,59
“Caoba”	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	14	8,24	5	7,58	2,07	10,97	26,78	8,93
“Ishpingo”	<i>Amburana cearensis</i> (Fr. Allem) A.C. Smith	Fabaceae	14	8,24	5	7,58	1,99	10,52	26,33	8,78
“Cedro”	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	12	7,06	5	7,58	1,89	10,02	24,65	8,22
“Tornillo”	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> D. Ducke	Fabaceae	12	7,06	5	7,58	0,97	5,12	19,76	6,59
“Mullaca”	<i>Myrsine oligophylla</i> Zahlbr.	Myrsinaceae	11	6,47	4	6,06	0,58	3,06	15,59	5,20
“Shapaja”	<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng	Arecaceae	11	6,47	4	6,06	1,03	5,46	17,99	6,00
“Cético”	<i>Cecropia sciadophylla</i> C.Mart.	Urticaceae	10	5,88	4	6,06	0,60	3,16	15,10	5,03
“Pali perro”	<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng.	Lamiaceae	9	5,29	3	4,55	0,62	3,27	13,11	4,37
“Topa”	<i>Ochroma pyramidale</i>	Malvaceae	8	4,71	4	6,06	0,60	3,16	13,93	4,64
“Uvilla”	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	Urticaceae	6	3,53	3	4,55	0,22	1,15	9,22	3,07
“Guayaba”	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	5	2,94	4	6,06	0,32	1,69	10,69	3,56
“Ojé”	<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	5	2,94	4	6,06	0,36	1,89	10,89	3,63
“Bolaina blanca”	<i>Guazuma crinita</i> C. Martius	Sferculiaceae	4	2,35	4	6,06	0,22	1,14	9,55	3,18
“Sacha shimbillo”	<i>Inga</i> spp	Fabaceae	4	2,35	2	3,03	0,18	0,94	6,32	2,11
Total			170	100,00	66,00	100,00	18,91	100,00	300,00	100,00

**Anexo 5. Panel fotográfico**

Fotografía 1. Medición y delimitación de parcelas de muestreo.



Fotografía 2. Medición y delimitación de parcelas de muestreo.



Fotografía 3. Parcela de estudio delimitada.



Fotografía 4. Identificación de especies arbóreas.



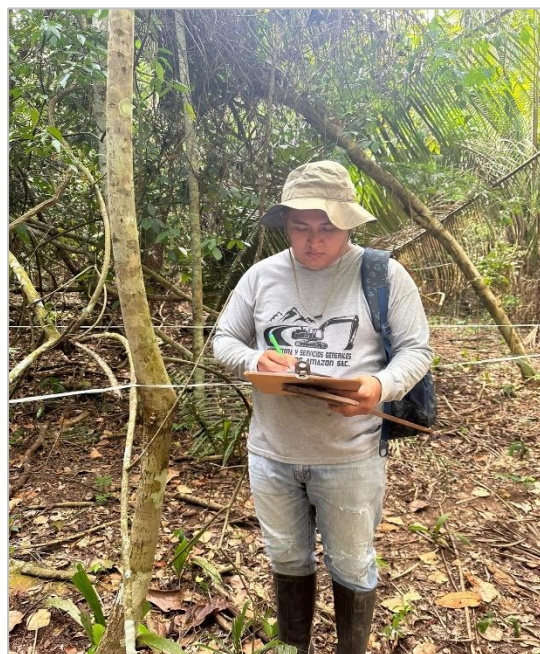
Fotografía 5. Identificación de especies arbóreas.



Fotografía 6. Medición de DAP de especies arbóreas.



Fotografía 7. Medición de DAP de especies arbóreas.



Fotografía 8. Registro de DAP de especies arbóreas.

# Determinación del stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos - Picota

*por* Neil Rolly Arista - García

---

**Fecha de entrega:** 14-ago-2023 10:01a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2145778920

**Nombre del archivo:** ING\_AMBIENTAL\_-\_Neil\_Rolly\_Arista\_Garc\_a.docx (5.95M)

**Total de palabras:** 14892

**Total de caracteres:** 83282

# Determinación del stock de carbono en cinco especies predominantes de bosque primario del fundo Cristo Redentor, distrito Tres Unidos - Picota

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.unsm.edu.pe](http://repositorio.unsm.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

2

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

3

[repositorio.ucss.edu.pe](http://repositorio.ucss.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

4

[repositorio.udl.edu.pe](http://repositorio.udl.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

5

[tesis.unsm.edu.pe](http://tesis.unsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

6

[repositorio.unapiquitos.edu.pe](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

7

[revistas.unal.edu.co](http://revistas.unal.edu.co)

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1%