UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Tesis

Valoración económica de la captura de carbono en especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco - Limatambo - Cusco, 2025

Asesor:

Econ. Villafuerte Vega, Wilfredo Baltazar

Autor:

Ugarte Valer, Lysset Merelyn

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero(a) Ambiental

Cusco - Cusco – Perú

2026

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Acta N°: 003

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Cusco, a los 22 días del mes de junio del 2026, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 114-2026-UTEA-FC-EPIARN de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería:

Presidente	:	Dra. Farfan Rodriguez Jessika
Dictaminante	:	Mg. Condori Cahuapaza José Noel
Replicante	:	Mg. Mollo Varillas Valex Raúl

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada: Valoración económica de la captura de carbono en especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco – Limatambo – Cusco, 2025

Desarrollado por el/la Bachiller:

Br.: Ugarte Valer Lysset Merelyn

(Apellidos y Nombres)

Para optar el Tituló Profesional de:

Ingeniero (a) Ambiental

(Denominación del Título)

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que la mencionada bachiller fue APROBADO(S) ☒ o DESAPROBADO(S) ☐:

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Nota	Detalle (**)
Br. Ugarte Valer Lysset Merelyn	12	Aprobado

Siendo las 12:15 horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Dra. Farfan Rodriguez Jessika
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres) (Firma)

Dictaminante: Mg. Condori Cahuapaza José Noel
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres) (Firma)

Replicante: Mg. Mollo Varillas Valex Raúl
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres) (Firma)

Nota: **Desaprobado:** 0-10; **Aprobado:** 11-20

(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

11% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Metadatos

Datos del autor		
Apellidos y Nombres	**:**	Ugarte Valer, Lysset Merelyn
Tipo de documento de identidad	**:**	D.N.I.
Número de Documento de Identidad	**:**	71088371
URL ORCID	**:**	https://orcid.org/0009-0005-8806-8193
Datos del Asesor		
Apellidos y Nombres	:	Econ. Villafuerte Vega, Wilfredo Baltazar
Tipo de Documento de Identidad	:	D. N. I.
Número de documento de identidad	:	23819920
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0002-0791-7693
Datos de la investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
Línea de Investigación	:	Gestión Ambiental
Rango de años en que se realizó la investigación	:	Mayo 2024 – septiembre 2024
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	13%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01

Dedicatoria

Al ser supremo, por darme vida, salud, sabiduría y fortaleza, guiarme en el camino en cada paso hacia mis metas, brindarme la fuerza y aliento para permitirme llegar hasta este momento para lograr mis objetivos.

A mi madre Sra. Nelly Valer Delgado por el sacrificio, impulso, herramientas y apoyo a lo largo de mi formación profesional que me permitió alcanzar esta meta.

A mi padre Sr. Humberto Ugarte Huañac por guiarme e iluminarme en mis metas desde el cielo y acompañarme desde otro plano y velar siempre en mi andar.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, cuyo compromiso con la enseñanza y acompañamiento a lo largo de mi formación académica contribuyeron de manera significativa en mi desarrollo profesional. Principalmente a mi asesor Econ. Wilfredo Baltazar Villafuerte Vega por su apoyo, enseñanzas y tiempo.

Al expresidente de la comunidad de Misquiyaco Sr. Atilio Valer y al actual presidente Sr. Jesús Vargas Santos, por permitirme acceder al Área de Conservación Privada Misquiyaco para poder realizar la presente tesis.

A mis compañeros y amigos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes, especialmente a quienes pertenecen a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y RR.NN., por el apoyo, amistad y momentos compartidos durante mi formación académica.

Resumen

El presente estudio determino la valoración económica de la captura de carbono en las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* del Área de Conservación Privada de Misquiyaco, en el distrito de Limatambo, en el año 2025. La metodología empleada fue de tipo cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental. Se obtuvo la muestra mediante el muestreo por conveniencia a 68 individuos de E*scallonia resinosa* y 68 individuos de *Escallonia myrtilloides*. La recolección de datos en campo incluyo la medición del CAP y la altura total (H_t) mediante métodos no destructivos, con la finalidad de estimar: biomasa aérea t/ha, carbono total t C/ha y dióxido de carbono equivalente t CO_2e.

Según los resultados *Escallonia resinosa* obtuvo en biomasa aérea 239.70 t/ha, carbono total 119.85 t C/ha y dióxido de carbono equivalente 439.49 t CO_2e/ha, mientras *Escallonia myrtilloides* obtuvo en biomasa aérea 64.18 t/ha, carbono total 32.09 t C/ha y dióxido de carbono equivalente 117.68 t CO_2e/ha.

Posteriormente se realizó la valoración económica utilizando el precio social establecido por el MEF- Perú del 2024 donde 1 t CO_2e equivale a $ 30. La especie *Escallonia resinosa* obtuvo el valor económico de $ 13,184.70, siendo mayor que *Escallonia myrtilloides* con un valor económico de $ 3,530.40, la suma de las dos especies hace un valor total de $ 16,715.10. En conclusión, la especie *Escallonia resinosa* evidencio mayor aporte de captura de carbono reflejando su potencial para estrategias de conservación y búsqueda de mecanismos de financiamiento ambiental.

Palabras clave: Conservación, valoración, especies, captura de carbono, biomasa.

Abstract

This study determined the economic value of carbon sequestration in the species *Escallonia resinosa* and *Escallonia myrtilloides* in the Misquiyaco Private Conservation Area, in the district of Limatambo, in the year 2025. The methodology employed was quantitative, descriptive, and non-experimental. The sample was obtained by convenience sampling of 68 individuals of *Escallonia resinosa* and 68 individuals of *Escallonia myrtilloides.* Data collection in the field included the measurement of canopy cover CAP and total height (H_t) using non-destructive methods, in order to estimate aboveground biomass (t/ha), total carbon (t C/ha), and carbon dioxide equivalent (t CO_2e).

According to the results, *Escallonia resinosa* obtained an aboveground biomass of 239.70 t/ha, total carbon of 119.85 t C/ha, and carbon dioxide equivalent of 439.49 t CO_2/ha, while *Escallonia myrtilloides* obtained an aboveground biomass of 64.18 t/ha, total carbon of 32.09 t C/ha, and carbon dioxide equivalent of 117.68 t CO_2/ha.

Subsequently, an economic valuation was performed using the social price established by the Ministry of Economy and Finance (MEF) of Peru in 2024, where 1 t CO_2e is equivalent to $30. The species *Escallonia resinosa* obtained an economic value of $13,184.70, which is greater than that of *Escallonia myrtilloides* with an economic value of $3,530.40. The sum of the two species makes a total value of $16,715.10. In conclusion, the species *Escallonia resinosa* demonstrated the greatest contribution to carbon sequestration, reflecting its potential for conservation strategies and the search for environmental financing mechanisms.

Keywords: Conservation, valuation, species, carbon sequestration, biomass.

Índice

Portada……i

Acta de sustentación.....ii

Reporte de similitud ..... ……...iii

Metadatos……iv

Dedicatoria…. v

Resumen…. vi

Abstract……. vii

Índice…… viii

Índice de tablas.....x

Índice de figuras xi

Índice de anexos..... xiii

I. Introducción.....14

II. Planteamiento del problema 16

2.1. Descripción y formulación del problema 16

3.2. Objetivos 20

2.2.1. Objetivo general.....20

2.2.2. Objetivos específicos 20

2.3. Justificación e importancia.....21

2.4. Hipótesis.....22

2.5. Variables 23

III. Marco teórico.....26

3.1. Antecedentes.....26

3.2. Bases teóricas 30
3.3. Definición de términos 57
IV. Metodología 60
4.1. Tipo y nivel de investigación 60
4.2. Ámbito temporal y espacial 61
4.3. Población y muestra 62
4.4. Instrumentos 65
4.5. Procedimientos 66
4.6. Análisis de datos 79
4.7. Consideraciones éticas 80
V. Resultados y discusión 81
VI. Conclusiones 112
VII. Recomendaciones 114
VIII. Referencias 115
IX. Anexos 130

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables. 24

Tabla 2 Clasificación taxonómica de Escallonia resinosa (Ruiz & Pav) Pres. 40

Tabla 3 Clasificación taxonómica de Escallonia myrtilloides L.f. 42

Tabla 4 Equipos y materiales de trabajo.....66

Tabla 5 Factores de forma.....73

Tabla 6 Valores predeterminados de los Factores de Expansión de biomasa (FEB).....74

Tabla 7 Mercado voluntario 78

Tabla 8 Cantidad de especies forestales de la muestra en el ACP. 81

Tabla 9 Sumatoria de CAP, DAP y H_t de las especies estudiadas.....81

Tabla 10 Resultado de biomasa aérea de las especies estudiadas. 82

Tabla 11 Descripción estadística de la biomasa aérea (t/ha) de especies estudiadas. 84

Tabla 12 Resultados de la captura de carbono total por las especies estudiadas. 88

Tabla 13 Descripción estadística del carbono total (t C/ha) capturado por las especies estudiadas. 89

Tabla 14 Resultados de dióxido de carbono equivalente capturado. 93

Tabla 15 Descripción estadística de dióxido de carbono equivalente (t CO2e/ha) capturado.....94

Tabla 16 Prueba de normalidad de variables estadísticas. 98

Tabla 17 Pruebas no paramétricas. 99

Tabla 18 Pruebas no paramétricas. 100

Tabla 19 Pruebas no paramétricas. 101

Tabla 20 Valoración económica del CO2e capturado para las especies estudiadas. 102

Tabla 21 Pruebas no paramétricas.....104

Índice de figuras

Figura 1 Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Perú 30

Figura 2 Escallonia resinosa (Ruiz & Pav) Pres. 41

Figura 3 Escallonia myrtilloides L. f. 42

Figura 4 Servicios ecosistémicos y su vínculo con los componentes del bienestar humano. 45

Figura 5 Descomposición del VET y los Métodos de valoración económica asociados. 46

Figura 6 Metodología para la valoración económica del patrimonio natural. 49

Figura 7 Criterios para la medición del DAP en campo. 52

Figura 8 Elementos del nivel de Abney. 53

Figura 9 Puntos de medición. 54

Figura 10 Flujos entre los compartimentos del planeta tierra. 55

Figura 11 Mapa de ubicación del Área de Conservación Privada de Misquiyaco. 62

Figura 12 Mapa de ubicación de puntos de muestreo 63

Figura 13 Línea visual del observador ubicada entre el ápice y la base del árbol. 69

Figura 14 Línea visual del observador ubicada entre la punta y la base del árbol. 70

Figura 15 Visual horizontal del observador abajo de la base del árbol. 71

Figura 16 Sumatoria de CAP, DAP y H_t de las especies estudiadas. 82

Figura 17 Biomasa aérea en las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides.* 83

Figura 18 Porcentaje de biomasa aérea de las especies estudiadas. 83

Figura 19 Diagrama boxplot de la biomasa aérea de las especies estudiadas. 86

Figura 20 Carbono total capturado por las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* 88

Figura 21 Porcentaje de carbono total capturado por las especies estudiadas. 88

Figura 22 Diagrama boxplot de carbono total de las especies estudiadas. 91

Figura 23 Dióxido de carbono equivalente capturado por las especies estudiadas..... 93

Figura 24 Porcentaje de dióxido de carbono equivalente capturado por las especies estudiadas. 93

Figura 25 Diagrama boxplot de CO2e de las especies estudiadas. 96

Figura 26 Valoración económica de las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*..... 102

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia.....131

Anexo 2. Certificado de calibración del nivel de Abney. 132

Anexo 3 Formulario de campo 134

Anexo 4. Procesamiento de variables dasometricas de *Escallonia resinosa*. 139

Anexo 5. Procesamiento de variables dasometricas de *Escallonia myrtilloides*.....140

Anexo 6. Panel fotográfico 143

Anexo 7. Solicitud de permiso para realizar el trabajo de investigación en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco. 145

Anexo 8. Respuesta del presidente del Área de Conservación Privada para realizar el trabajo de investigación. 146

Anexo 9. Solicitud de plan maestro vigente del Área de Conservación Privada Misquiyaco al SERNARP. 147

Anexo 10. Mapas 148

I. Introducción

El cambio climático constituye una amenaza ambiental importante del siglo XXI, impulsado principalmente por el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) indica que en la actualidad la temperatura media global sigue inferior a 1.5 ºC, sin embargo, el mundo va en camino a un aumento de temperatura de 2.6 a 3.1 ºC al final del siglo, lo que intensifica la urgencia de reforzar acciones de mitigación.

En este escenario los bosques andinos proveen un conjunto de servicios ecosistémicos para el bienestar y seguridad humana, siendo claves para implementar o fortalecer estrategias de adaptación al cambio climático debido a crecientes evidencias de ser importantes sumideros de carbono actual y futuro. (Confederaciòn Suiza , 2021, p. 16)

El estudio tiene como objetivo determinar la valoración económica de la captura de carbono en especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* del Área de Conservación Privada Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025; utilizando un enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Para ello, se utilizó el método no destructivo mediante la aplicación de ecuaciones alometricas a partir de mediciones de CAP y altura total con el nivel de Abney, estimando la biomasa aérea, carbono total y dióxido de carbono equivalente. Posteriormente, la valoración económica se llevó a cabo utilizando el precio social del carbono determinado por el MEF para el año 2024. Los datos recopilados fueron analizados mediante los programas de SPSS y ArcGIS para el análisis estadístico y generación de mapas cartográficos.

Finalmente, el presente estudio aporta información relevante para fortalecer a futuro estrategias de conservación, mejorar la gestión del ACP Misquiyaco y contribuir a la formulación de mecanismos de financiamiento ambiental. El estudio se desarrolla en función a los siguientes capítulos:

Ítem III En esta sección se presenta el marco teórico que fundamenta la investigación, donde se integran antecedentes de estudios similares y se desarrollan los principales conceptos vinculados a la valoración económica de la captura de carbono en un Área de Conservación Privada, junto con definiciones clave para la comprensión del estudio.

Ítem IV En este capítulo se presenta la metodología aplicada en el desarrollo de la investigación. Se describen el enfoque, el diseño y el alcance del estudio, así como la población y la muestra considerada, los instrumentos de recolección de datos, los procedimientos ejecutados y el análisis de la información.

Ítem V En esta sección se detallan los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos, los cuales se estructuran en tablas y representaciones gráficas para su adecuada interpretación. También se compara y argumenta en base a la teoría, antecedentes y objetivos del estudio posibles causas de los resultados obtenidos.

Ítem VI y VII Finalmente, este apartado reúne las conclusiones y recomendaciones del estudio, elaboradas a partir de los objetivos planteados y los resultados obtenidos; se recomienda o sugiere acciones a partir del estudio efectuado.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

En el ámbito mundial, en el año 2023 las concentraciones atmosféricas de los GEI aumento con niveles de dióxido de carbono (CO_2) de 420 ppm, metano (CH_4) de 1934 ppm y óxido nitroso (N_2O) 336.9 ppmm lo que representa un aumento del 151%, 165 % y 124% frente a los niveles pre industriales (año 1750) que fueron: CO_2 278 ppm, CH_4 729 ppmm y N_2O 270 ppm. (Kennedy, 2024, p. 4)

Las emisiones globales en el año 2023 en los sectores productivos fueron de 57.1 Gigatoneladas CO_2e siendo un aumento del 1.3 % respecto al 2022. El sector energético contribuyo con 151 Gt CO_2e, transporte con 8.4 Gt CO_2e, agricultura con 6.5 Gt CO_2e y en industrial con 6.5 Gt CO_2e. Las emisiones de aviación cayo en pandemia (COVID 19) pero para el 2023 crecieron en 19.5% en comparación el 2022. Las emisiones fugitivas de la producción de combustible (infraestructura de petróleo, gas y minas de carbón aumentaron en el 2023. (United Nations, 2024, p. 7)

De acuerdo con proyecciones climáticas, el incremento de la temperatura se mantendría al menos hasta el año 2050, debido a actividades humanas que provocan emisiones de GEI, si se reduce rápido las emisiones se detendrá a mediados del siglo alcanzando 1.5 ºC o 2 ºC a finales del siglo. Pero si las emisiones se mantienen o aumentan, la temperatura alcanzara un incremento global de 4.5 ºC a finales del siglo. (WGI, 2021, p. 10)

Desde Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Argentina, Bolivia y Chile, cerca de 30 millones de hectáreas corresponden a bosques de montaña. Dichos bosques estos últimos años se han visto afectados por diversos factores asociados a la gestión inadecuada como: incendios forestales actividades agropecuarias y extractivas y tala ilegal, así como el cambio climático. (Ñiquen, 2020, p. 1) Asimismo, se estima que más de 40 millones de personas dependen directamente de estos ecosistemas; en este contexto, los bosques andinos desempeñan un papel relevante en escenarios de cambio climático, al almacenar entre 20 y 40 toneladas de carbono por hectárea. (Alban, 2020, p. 1)

El estado peruano, a través del Reporte de actualización de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional para el periodo 2021- 2030, aprobado en diciembre de 2020, se comprometió a reducir cifras absolutas del 40% de emisiones de GEI que equivale a 179 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente para el 2030. (Zambrano, 2023, p. 3) Se desconoce los elementos para lograr la expectativa debido a que el estado no firmó acuerdos internacionales para la reducción de emisiones, en cambio promueve proyectos extractivos de energías fósiles en zonas costeras y amazonia, como el caso de la reactivación del Lote 192 en Loreto, a la actualidad no existe una Estrategia Nacional de Cambio Climático para el 2050 elaborada por el estado peruano. (Zambrano, 2023, p. 3)

Según el informe “Escenarios climáticos al 2050 en el Perú” del SENAMHI, en el Perú se espera en un escenario de altas emisiones de GEI, con un aumento en la temperatura promedio a 2ºC para el 2050. Los escenarios climáticos futuros evidencian mayores variaciones en regiones amazónicas y altoandinas del Perú, incluyendo Loreto, Cusco, Arequipa, Moquegua, Tacna y Puno. (Llacza et al., 2021, p. 9)

En el Perú, la disponibilidad de información actualizada sobre las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático resulta aún insuficiente. (Zambrano, 2023, p. 4) El MINAM creo la web “Infocarbono” donde solo existen reportes hasta el 2019 complicando la situación actual de las emisiones. (Zambrano, 2023, p. 2)

Datos de “InfoCarbono” (2019) indican que el 47.9 % de las emisiones este asociado al sector del uso de la tierra, cambio de la tierra y silvicultura, 30.1 % del sector energía, 13.5 % del sector agricultura, 0.5 % de los desechos y 3.6 % de procesos industriales y uso de productos. (MINAM, 2019, p. 1).

En el Perú, se monitoreo y analizo los cambios del territorio durante 37 años, desde el año 1985 al 2021, donde se presentó una pérdida de más de 3 millones ha de bosque a nivel nacional. En la amazonia se perdió 2 600 400 ha debido a la deforestación, minería, crecimiento agropecuario y agrícola en 73.29 %. En la zona andina se perdió 1 000 000 ha (representa el 4.3% de bosques andinos y 6.7% de bofedales o zonas pantanosas), también se vieron afectados los matorrales y pastizales debido al cambio de uso de suelo y al aumento de minería. (Alvitres, 2023, p. 1)

La región del Cusco cuenta con 4.48 % de bosques amazónicas del país, en el 2023 presento una pérdida de 3464 ha, siendo esto 7 % más de lo reportado en el 2022 que fue de 3,232 ha. (MINAM, 2023, p. 10)

Las consecuencias de las actividades antrópicas realizadas en áreas de bosques altoandinos van desde la fragmentación del ecosistema hasta la pérdida del hábitat. (Buitrago, 2022, p. 2) El área del bosque nativo se ha convertido en mosaicos compuestos por escasos bosques relictos junto a otros usos de suelo, agricultura y ganadería. (Bosques Andinos, 2021 , p. 19) Si se reduce la deforestación, la degradación de los bosques, los incendios forestales y otros factores que afectan su conservación, los bosques pueden captar y almacenar cantidades de carbono, contribuyendo así a disminuir la presencia de dióxido de carbono en la atmosfera. (Artaxo et al., 2021, p. 14)

Los bosques son la solución al cambio climático, la captura y almacenamiento de carbono es un componente importante de los servicios ecosistémicos forestales fundamentales para estabilizar el clima global y local. (FSC, 2016, p. 3)

Se ha estimado que, en el contexto global, la vegetación viva acumula entre 450 y 650 gigatoneladas de carbono en su biomasa. (Pörtner et al., 2022, p. 22) La gestión y restauración de los bosques puede aportar casi el 27% de la solución para ayudar a evitar una catástrofe climática. (Labbate et al., 2022, p. 3)

Esta investigación se orienta en determinar la valoración económica del carbono capturado en *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco- Limatambo- Cusco. En la región andina, los estudios sobre valoración de la captura de carbono son aún limitados, lo cual se explica porque la investigación se ha enfocado mayoritariamente en especies forestales de carácter maderable y comercial en la Amazonia peruana.

A pesar de la importancia que tienen las especies en el ambiente, existe una limitada evaluación de su capacidad de captura de carbono, lo que restringe la comprensión de su valor económico y su relevancia para la conservación, así como el diseño de políticas públicas orientadas a la protección del bosque relicto mesoandino. En este sentido, el estudio busca aportar información que contribuya a la toma de decisiones en favor de la biodiversidad y el bienestar ambiental.

A medida que aumenta la conciencia global sobre el cambio climático, cobra mayor relevancia la determinación de la valoración económica de la captura de carbono en Escallonia resinosa y *Escallonia myrtilloides* tenga mayor relevancia en políticas ambientales y conservación, por lo que el futuro se espera que el presente estudio de dichas especies del Área de Conservación Privada de Misquiyaco aporte en futuras investigaciones relacionadas a la valoración económica, captura de carbono de especies nativas, conservación y preservación del bosque relicto meso-andino.

2.1.1. *Problema General*

¿Cuál es la valoración económica de la captura de carbono en especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* del Área de Conservación Privada Misquiyaco – Limatambo – Cusco, 2025?

2.1.2. *Problemas específicos*

- ¿Cuál es la cantidad de biomasa aérea de las especies *Escallonia myrtilloides y Escallonia resinosa* del Área de Conservación Privada Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025?
- ¿Qué cantidad de carbono total es capturado por las especies *Escallonia myrtilloides* y *Escallonia resinosa* del Área de Conservación Privada de Misquiyaco – Limatambo- Cusco, 2025?
- ¿Qué cantidad de dióxido de carbono equivalente es capturado por las especies *Escallonia myrtilloides* y *Escallonia resinosa* del Área de Conservación Privada de Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025?

3.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Determinar la valoración económica de la captura de carbono en las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* del Área de Conservación Privada Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025.

2.2.2. Objetivos específicos

- Calcular la cantidad de biomasa aérea de las especies *Escallonia mytilloides y Escallonia resinosa* del Área de Conservación Privada de Misquiyaco- Limatambo – Cusco, 2025.
- Calcular la cantidad de carbono total capturado por las especies *Escallonia myrtilloides* y *Escallonia resinosa* del Área de Conservación Privada de Misquiyaco – Limatambo- Cusco, 2025.
- Calcular la cantidad de dióxido de carbono equivalente capturado por las especies *Escallonia myrtilloides* y *Escallonia resinosa* del Área de Conservación Privada de Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025.

2.3. Justificación e importancia

La determinación de la valoración económica del carbono capturado se considera pertinente, dado que este estudio se desarrolló en un Área de Conservación Privada, un entorno natural que presenta condiciones adecuadas para valorar el servicio ecosistémico de captura de carbono en *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*. Además, la accesibilidad y apoyo de los propietarios del área hicieron factible la recolección de datos e implementación de metodologías adecuadas. Esto permitió la ejecución efectiva del estudio sin complicaciones logísticas.

En cuanto a la justificación metodológica, la investigación aplica el método no destructivo mediante la aplicación de ecuaciones alometricas, que permiten obtener estimaciones precisas de la biomasa aérea, el carbono total y el dióxido de carbono equivalente sin necesidad de intervenir o dañar a las especies. El uso del nivel de Abney, junto con las mediciones de CAP y altura total, por loque constituye una herramienta accesible, replicable y eficiente para estudios en zonas andinas. Esta metodología puede ser aplicada en ecosistemas donde predominen especies relacionadas a las especies del presente estudio.

2.3.1. Relevancia social

Desde la perspectiva social y ambiental, el estudio contribuye a visibilizar el papel ecológico que cumplen las especies nativas *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* en el bosque relicto meso-andino, un ecosistema vulnerable a deforestación, cambio de uso de suelo y degradación del hábitat. Cuantificar el carbono que capturan las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* permite obtener información para generar conciencia sobre la importancia de conservar estos bosques y apoyar a las comunidades locales en la gestión sostenible de sus recursos naturales promoviendo acciones que fortalezcan la mitigación del cambio climático.

2.3.2. implicancia practica

Desde un enfoque práctico, la presente investigación resulto relevante al permitir determinar la valoración económica del servicio ecosistémico de captura de carbono que brindan *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* en el Área de Conservación Privada Misquiyaco. La información obtenida será útil para los responsables del manejo de área, ya que permitirá fortalecer planes de conservación, evaluar alternativas de financiamiento ambiental y sustentar mecanismos de compensación por emisiones o proyectos de créditos de carbono.

2.3.3. Valor teórico

Finalmente, la investigación posee una relevancia teórica, debido a que llena un vacío de información sobre la captura de carbono en las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides.* Gran parte de las investigaciones sobre la captura de carbono se han desarrollado principalmente en especies amazónicas o en plantaciones forestales, lo que evidencia una menor atención a los bosques relictos meso-andinos. En este sentido, el presente estudio aporta información relevante para comprender su potencial de mitigación. Asimismo, contribuye al conocimiento sobre la determinación de la valoración económica de la captura de carbono.

2.4. Hipótesis

2.4.1. *Hipótesis general*

Es mayor la valoración económica de la captura de carbono por la especie *Escallonia resinosa* en el mercado voluntario establecido por el MEF- Perú que la especie *Escallonia myrtilloides*, por lo que contribuye a la conservación y preservación del ACP Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025.

2.4.2. *Hipótesis especificas*

- La biomasa aérea de la especie *Escallonia resinosa* es mayor a comparación con la especie *Escallonia myrtilloides,* por lo que contribuye a una significativa

captura de carbono en el Área de Conservación Privada Misquiyaco – Limatambo – Cusco, 2025.

- La especie *Escallonia resinosa* presenta una mayor capacidad de captura, de carbono total en comparación con la especie *Escallonia myrtilloides,* por lo que constituye un importante sumidero de carbono en el Área de Conservación Privada Misquiyaco – Limatambo – Cusco, 2025.
- La especie *Escallonia resinosa* captura mayor cantidad de dióxido de carbono equivalente a comparación con la especie *Escallonia myrtilloides*, por lo que fortalece la, valoración económica de la captura de carbono en el Área de Conservación Privada Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025.

2.5. Variables

- **Variable independiente:** Captura de carbono
- **Variable dependiente:** Valoración económica

Tabla 1

Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÒN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Variable dependiente **VALORACIÒN ECONÓMICA**	La valoración económica de los servicios ecosistémicos consiste en estimar en términos monetarios los beneficios derivados de los recursos naturales. (Arango et al., 2023, p. 951)	Para hallar la valoración económica del servicio de captura de carbono se utiliza el método por precios de mercado aplicando el valor asignado por tonelada de CO_2 capturado implementado en el mercado voluntario y regulado. (Medina et al., 2020, p. 165)	Identificación del servicio ecosistémico	✓ Tipo de servicio ecosistémico identificado.	✓ No aplica/ cualitativa
			Método de valoración económica	✓ Método por precios de mercado	✓ No aplica/ cualitativa
			Valor económico estimado	✓ Monto de valor económico estimado	✓ Dólares ($)
Variable independiente **CAPTURA DE CARBONO**	La captura de dióxido de carbono (CO_2) por las plantas ocurre durante el proceso de fotosíntesis, mediante el cual absorben CO_2 de la atmosfera y lo	Para estimar la captura de carbono atmosférico por los árboles sin la destrucción del espécimen se realiza de forma directa mediante el uso de ecuaciones	Biomasa aérea	✓ CAP ✓ Altura total	✓ m ✓ m

	transforman en biomasa (troncos, hojas y raíces), almacenándolo en sus tejidos. (Dila et al., 2020, p. 5	matemáticas, que se basan en el uso de variables métricas como: DAP y altura de los árboles. (Dila et al., 2020, p. 5)	Carbono total	✓	Factor de conversión de C para bosques	✓ t C/ha
			CO_2 equivalente	✓	Factor de conversión de C a CO_2	✓ t CO_2/ha

Nota. El presente cuadro describe las variables de estudio y sus dimensiones.

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. Antecedentes Internacionales

Fajardo y León (2023), En su estudio titulado “Valoración económica de la captura de carbono de las especies *Podocarpus sprucei, Oreocallis grandiflora, Alnus glutinosa y Oreopanax ecuadorensis* en el ACMUS San Bartolome-SÌGSIG-Ecuador”, el objetivo fue determinar el valor económico del carbono capturado en *Podocarpus sprucei, Oreocallis grandiflora, Alnus glutinosa y Oreopanax ecuatorensis* en el ACMUS San Bartolomé Sig Sig en Ecuador. Para ello, aplico el método no destructivo, realizo mediciones in situ en seis parcelas de 50 x 50 m aleatorias, considerando variables como: DAP y altura total. Según los resultados *Alnus glutinosa* presento la mayor captura con 20.91 t CO_2, seguida de *Oreopanax ecuadorensis* (9.18 t CO_2), *Oreocallis grandiflora* (7.48 t CO_2) y *Podocarpus sprucei* (6.60 t CO_2). En conclusión, la, valoración económica considero tanto el mercado voluntario como el de cumplimiento, siendo este último más favorable con un valor estimado de $10,729.94.

Pèrez et al., (2022), En su investigación titulado “Valoración económica de la reserva de carbono del recurso arboleo del parque Dr. Claudio Pavetti, Asunción, Paraguay”, el objetivo del estudio consistió en calcular la biomasa total y determinar el valor económico asociado a la reserva de carbono del recurso arboleo del Parque Dr. Claudio Pavetti. Utilizo un inventario forestal para obtener datos de: altura total y DAP a individuos con $d_{1.30cm} \geq$ 10 cm. Utilizó el catálogo del Conosur del Instituto Botánica Darwinion para identificar especies, aplico ecuaciones alometricas para estimar la biomasa total de la

ecorregión Chaco Húmedo. Utilizo el MPM del primer trimestre del año 2020, considero el precio promedio reflejado en la bolsa ($SENDECO_2$). Según los resultados identifico 94 individuos, los mayores aportes de carbono acumulado se registraron en especies como *Peltophorum dubium, Anadenanthera clubrina var.cebil, Pterogyne nitens* y *Parapiptadenia rigida*, con valores de 54.62 ; 23.56; 18.75 y 12.21 Mg ha^{-1}, respectivamente. La estimación de biomasa total alcanzo 281.86 Mg ha^{-1}, equivalente a 132.47 Mg ha^{-1} de carbono, lo que representa aproximadamente 485.74 Mg ha^{-1} de CO_2 equivalente. A partir de estos resultados, se determinó que el servicio ecosistémico de captura de carbono posee un valor económico cercano a 168.11 US$ ha^{-1}.

3.1.2. Antecedentes nacionales

Justo & Laurente (2020) en su investigación "Valoración económica de la reserva de carbono de dos especies forestales en el Área de Conservación Privada Ilish Pichacoto – Huancayo", El estudio estuvo orientado a evaluar el valor económico de la reserva de carbono en dos especies forestales localizadas en el Área de Conservación Ilish Pichacoto, en Huancayo. El estudio se ejecutó bajo un enfoque aplicado, de nivel descriptivo y con un diseño no experimental. La población fue conformada por dos especies distribuidas en una superficie de 34,75 ha, de las cuales se seleccionaron siete parcelas de 50 x 50 m para la cuantificación del carbono almacenado. En cuanto a los resultados, *Alnus acuminata* presento valores de carbono de 6.67 t C/ha en biomasa aérea, 0.73 t C/ha en estrato herbáceo, 2.76 t C/ha en necromasa, 0,67 t C/ha en raíces y 8.16 t C/ha en suelo. A partir de estas estimaciones, se estimó que el valor económico de la reserva de carbono asciende a 40 851.33 USD para *Alnus acuminata* y 38 825.48 USD para *Escallonia resinosa.*

Avendaño & Urdanegui (2022), en su investigación titulada "Valoración económica del servicio ecosistémico de captura de carbono de tólares (*Parastrephia Lepidophylla, Parastrephia Lucida y Baccharis Tricuneata*) en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Arequipa-Perú". Cuyo objetivo fue estimar el valor de captura de carbono en

formaciones de tólares, específicamente en *Parastrephia lepidophylla, Parastrehia lucida* y *Baccharis tricuneata*, dentro de la RNSAB. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, con alcance descriptivo. La población estuvo constituida por los torales correspondientes a dichas especies. Para la recolección de datos considero dos fases. En la primera evaluó variables dasometricas como altitud y diámetro en 55 puntos seleccionados de manera aleatoria en el área de estudio, siguiendo los lineamientos de la "Guía de Inventario de la Flora y la Vegetación". En la segunda fase, aplico ecuaciones alometricas a un total de 72 individuos, lo que permitió estimar el stock de carbono en función de los datos registrados. Según los resultados, en relación con la biomasa estimada *Parastrephia lepidophylla* presento el mayor valor con 1.90 Kg/ha, seguida de *Baccharis tricuneata* con 1.20 Kg/ha, mientras que *Parastrephia lucida* registro el valor más bajo con 0.30 Kg/ha. El valor de captura de carbono para *Parastrephia lepidophylla* fue € 12,301.98, *Parastrephia lucida* fue € 801.66 y *Baccharis tricuneata* fue € 2,402.31, por lo que los costos totales de las 3 especies son de € 15,505.94.

Velásquez & Pocco (2023), En su investigación" Almacenamiento y valoración económica del CO_2 en la biomasa aérea entre plantaciones de *Berthollenia excelsa* y *Mauritia flexuosa* en el sector San Bernardo- Madre de Dios", tuvo como objetivo cuantificar tanto el almacenamiento como la valoración económica del CO_2 en la biomasa aérea de dichas especies. La investigación desarrollo bajo un diseño descriptivo no experimental, empleo un muestreo indirecto. Estimo el carbono mediante la aplicación de ecuaciones alometricas, mientras que la valoración económica se calculó considerando un precio de 24.55 euros por tonelada de CO_2(equivalente a 27.01 USD), según la referencia establecida por $SENDECO_2$. Los resultados evidencian diferencias entre ambas plantaciones. En castaña, el fuste alcanzó 2.25 m^2 de área basal y 22 349 m^3 de volumen, con 16.61 t/ha de carbono en biomasa aérea, equivalente a 8.30 t C/ha y 30.48 t CO_2/ha. En contraste, el aguaje presento valores superiores en el estípite, con 12.24 m^2 de área basal y 51 980 m^3 de volumen, así como 28.21 t/ha de carbono, 14.10 t C/ha y 51.77 t

CO_2/ha. En conclusión, el valor de CO_2 fue mayor en el aguaje (1 398 415 USD/ha) en comparación con la castaña (823 453 USD/ha)

3.1.3. Antecedentes Locales

Aragón y Martínez (2022), En su investigación titulado “Valoración económica de la captura de carbono en las especies *Escallonia resinosa y Polylepis incana* en el Parque Arqueológico de Sacsayhuamán- Cusco, 2022”. La investigación estuvo orientada a evaluar la valoración económica de la captura de carbono en las especies *Escallonia resinosa* y *Polylepis incana* presentes en el vivero forestal del Parque Arqueológico de Sacsayhuaman. Empleo un enfoque cuantitativo aplicado, con diseño no experimental. Evaluó 484 unidades forestales, de las cuales 387 de *Polylepis incana* y 106 de *Escallonia resinosa*, para estimar el carbono almacenado empleo ecuaciones alometricas y para el cálculo del valor económico utilizo el MPM, considero el precio social del carbono establecido por el MEF- Perú. Según los resultados la biomasa aérea de *Polylepis incana* alcanzo 52.41 t/ha, con una captura de 94.26 t CO_2/ha valorizada en 2507.40 soles, mientras que *Escallonia resinosa* presentó una biomasa de 1.28 t/ha y una captura de 2.31 t CO_2/ha, con una valoración de 61.62 soles. En conclusión, *Polylepis incana* posee una capacidad significativamente mayor de captura de carbono en comparación con *Escallonia resinosa*.

Velasco (2023), En su investigación “Captura de CO_2 de plantaciones forestales en avenida de la cultura del distrito de San Sebastián, Cusco”, cuyo objetivo fue estimar la cantidad de CO_2 almacenado por especies forestales de la Avenida de La Cultura, San Sebastián. Realizó medidas de: DAP, altura total. Utilizo ecuaciones alometricas para obtener la biomasa y el CO_2 capturado. Identifico 980 individuos entre 10 especies forestales, calculo el aforo vehicular utilizando el formato del MTC y para estimar emisiones de CO_2 del parque automotor utilizó la fórmula aprobada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Los resultados evidencian que la biomasa aérea total de las especies forestales alcanzo 0.79 t, con una captura de 1.37 t CO_2. En contraste, las

especies exóticas registraron una biomasa mucho mayor (84.01 t), asociada a una captura de 144.77 t CO_2. En conjunto, la captura total estimada para el año 2023 fue de 146.15 t CO_2. Por otro lado, el parque automotor genero una emisión promedio de 70.19 t CO_2 por día. Este resultado permite identificar una marcada diferencia en la capacidad de captura de CO_2 entre especies nativas y exóticas.

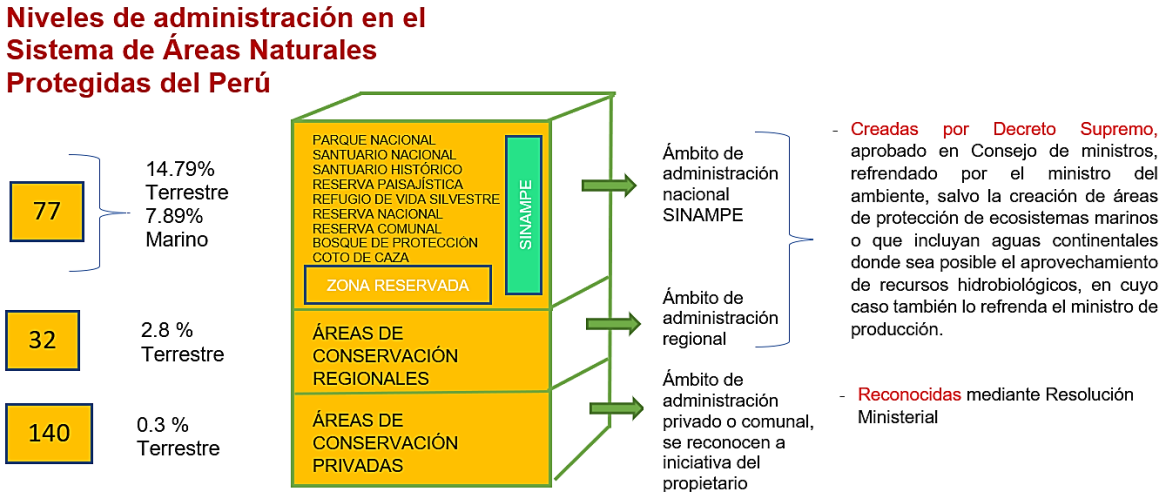
3.2. Bases teóricas

3.2.1. *Áreas Naturales Protegidas (Administración nacional)*

El SINAMPE, se rige por lo establecido en la Ley N.º 26834, la cual regula los aspectos vinculados a la gestión y conservación de estas áreas. Se fundamenta en el articulo 68º de la Constitución Política del Perú, que establece promover la conservación de las ANP y la diversidad biológica. (Ley N.º 26834, 1997, Art. 1) El SINANPE tiene como finalidad aportar al desarrollo sostenible, mediante la conservación de una muestra representativa de la diversidad biológica del país. (MINAM , 2009, p. 7)

Figura 1

Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Perú



*Nota***.** Adaptado del Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas, SERNARP, 2024.

3.2.2. *Área de Conservación Regional (Administración Regional)*

Las ACR se clasifican como espacios de uso directo, lo que implica que es posible realizar el aprovechamiento de los recursos naturales. Sin embargo, dichas actividades

deben desarrollarse de manera compatible con los objetivos que motivaron la creación del área. (SERNARP, 2013, p. 8)

Asimismo, estas áreas tienen como propósito la conservación de la biodiversidad biológica de relevancia local y regional. (MINAM , 2009, p. 11)

3.2.3. *Áreas de Conservación Privada (Administración Privada)*

Las Áreas de Conservación Privada (ACP) corresponden a terrenos de titularidad de personas naturales o jurídicas que albergan ecosistemas representativos de su entorno. Su conservación es asumida de manera voluntaria por los propietarios, quienes impulsan su protección por iniciativa propia. (SERNARP, 2014, p. 10)

Estas áreas cuentan con reconocimiento oficial por parte del Estado, a través del MINAM. Asimismo, las ACP funcionan como un mecanismo que promueve la participación del sector privado, incluyendo individuos y organizaciones en la protección de la diversidad biológica que posean derechos de propiedad sobre dichos espacios. (SERNARP, 2014, p. 10)

3.2.4. *Área de Conservación Privada Misquiyaco*

En el año 2021, el Ministerio del Ambiente otorgo el reconocimiento oficial al Área de Conservación Privada Misquiyaco, mediante la Resolución Ministerial N.º 246 -2021-MINAM. Dicha área, con una extensión de 2 791.91 hectáreas y una vigencia de 10 años.

Su finalidad principal es la conservación del bosque relicto que alberga especies como la “tasta” (*Escallonia myrtilloides*) y el “chachacomo” (*Escallonia resinosa).* Este espacio se localiza en la Comunidad Campesina Misquiyaco- Urpaypugio, en el distrito de Limatambo, provincia de Anta, en el departamento del Cusco. (Ramírez, R.M., 2021, Articulo 1)

3.2.5. *Zonas de vida del Área de Conservación Privada de Misquiyaco*

La escala de Holdridge se basa en un modelo matemático tridimensional que facilita la compresión de cómo se relacionan entre si diversos factores climáticos. A través de esta estructura, es posible interpretar las condiciones ambientales de un determinado espacio. (Aybar, 2017, p. 10) En base a la escala de Holdridge, el Área de Conservación Privada Misquiyaco presenta seis zonas de vida que se describen a continuación:

a. Tundra húmeda alpino Subtropical (th -As)

Se localiza en el sector occidental de los Andes, desde los 15º 20’ de latitud sur hasta el límite fronterizo con Chile, ocupando altitudes comprendidas entre los 4300 y 5000 m. s. n. m. Presenta una temperatura media anual que oscila entre 1.5ºC y 3ºC. Asimismo, la precipitación anual registrada varía entre 125 y 250 mm, lo que evidencia condiciones de limitada disponibilidad hídrica. (Ventura, 1995, p. 155)

La evapotranspiración potencial total fluctúa entre 0.5 y 1, del promedio de precipitación anual, correspondiente a la provincia de la humedad húmeda. Presenta superficies accidentadas y colinadas dominado por fragmentos de roca y ceniza volcánica. (Ventura, 1995, p. 155)

La vegetación es escasa debido a condiciones edáficas y climáticas propias de la zona destacando especies como: pallares, tola, paja brava, paja de dedo y paja amarilla. Esta zona presenta un aprovechamiento pecuario reducido de carácter itinerante, ya que las condiciones del terreno y la escasa disponibilidad de recursos forrajeros no permiten sostener de manera eficiente el ganado domestico ni a la fauna silvestre. (Ventura, 1995, p. 155)

b. Nival Subtropical (NS)

Esta zona glaciar se distribuye sobre las cumbres andinas por encima de los 5 000 m. s. n. m., alcanzando aproximadamente una superficie de 4 115 Km^2. (Ventura, 1995, p. 219)

Las condiciones climáticas se caracterizan por temperaturas extremadamente bajas, con biotemperaturas medias anuales inferiores a 1.5 ºC. Asimismo, las precipitaciones presentan variaciones anuales que oscilan entre 500 y 1 000 mm. (Ventura, 1995, p. 219)

Predominan las superficies rocosas y la presencia de suelos es mínima, limitándose únicamente a pequeñas áreas de escasa relevancia ecológica y productiva. La cobertura vegetal es reducida, está conformada por algas que se desarrollan sobre la nieve, pequeños líquenes y crustáceos adaptados a crecer en rocas oscuras. Esta zona cumple una función importante en la regulación hídrica, ya que contribuye al abastecimiento de ríos y lagunas altoandinas. (Ventura, 1995, p. 219)

c. Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (bs – MBS)

Ocupa aproximadamente 1 895 Km^2 y se localiza entre los 1 800 y 3 000 m. s. n. m. El área presenta condiciones climáticas húmedas, con biotemperaturas medias cercanas a 14 º C t precipitaciones anuales que fluctúan alrededor de 992 a 1 063 mm. (Ventura, 1995, p. 143)

La evapotranspiración potencial representa entre 50 % y el 100 % del volumen promedio de precipitación registrado en la zona, corresponde a la provincia de la humedad clasificada como húmeda. (Ventura, 1995, p. 143)

Predominan terrenos inclinados, aunque existen pequeñas áreas con pendientes moderadas. Los suelos poseen profundidad media y texturas que varían de medias a finas; presenta valores de pH, superiores a 7 debido al alto contenido de carbonato de calcio presente en las rocas y materiales de los suelos. (Ventura, 1995, p. 143)

La cobertura vegetal esta conformada por aliso, romerillo, carapacho (*Weinmannia sp.*) y especies de moena pertenecientes a la familia Lauraceae. Las características ambientales favorecen el desarrollo de actividades agrícola y pecuarias. La agricultura se concentra entre octubre y abril, mientras que en los meses restantes se recurre al riego

para el cultivo de hortalizas, maíz y otros productos. Entre los cultivos destacan la papa, el café, la caña de azúcar, los frutales y el maíz. (Ventura, 1995, p. 143)

d. Bosque húmedo Montano Subtropical (bh-MS)

Según Ventura (1995), esta zona de vida ocupa aproximadamente 43 155 km^2 y se localiza entre los 2 800 y 3800 m. s. n. m., aunque en algunos sectores puede alcanzar altitudes cercanas a los 4 000 m. Las condiciones climáticas presentan temperaturas moderadas a frías, con biotemperatura media anual que fluctúa entre 6.5 ºC y 12.9 ºC. Asimismo, las precipitaciones anuales registran variaciones entre 410 y 1 119 mm. (Ventura, 1995, p. 147)

La evapotranspiración potencial anual representa aproximadamente entre el 50 % y el 100 % de la precipitación promedio registrada en la zona, el área corresponde a la provincia de la humedad húmeda. El relieve es predominante accidentado y empinado, especialmente en las partes altas de las laderas. Sin embargo, cerca de las zonas de paramo las pendientes se vuelven más moderadas debido a antiguos procesos de modelamiento glaciar. Los suelos suelen ser profundos, de textura arcillosa, reacción acida y tonalidades rojizas a pardas. (Ventura, 1995, p. 147)

La vegetación está conformada por bosques relictos andinos y asociaciones de gramíneas altoandinas, entre las especies mas representativas destacan: chachacomo, quinal, romerillo o intima y especies de géneros como: *Gynoxis. Podcarpus, Solanum*, etc. Asimismo, las gramíneas de los géneros: *Stipa, Calamagrostis, Poa* y *Festuca.* La zona presenta aptitud para el cultivo de especies agrícolas de importancia alimenticia, principalmente papa y oca. (Ventura, 1995, p. 147)

e. Paramo pluvial Subalpino Subtropical (pp-SaS)

Ocupa aproximadamente 11 210 Km^2 y se localiza entre los 6º 45’ y 15º 00’ de latitud sur, en latitudes que oscilan entre los 3 900 y 4 500 m. s. n. m. (Ventura, 1995, p. 195)

Presenta una biotemperatura media anual con valores máximos cercanos a 5.2 ºC y mínimos de 3.9 ºC. La precipitación anual alcanza promedios máximos de 1 342.4 mm y de mínimos de 828.7 mm. (Ventura, 1995, p. 195)

La evapotranspiración potencial anual representa entre una octava parte (0.125) y una cuarta parte (0.25) de la precipitación total promedio registrada durante el año. Corresponde a la provincia de la humedad superhumeda. (Ventura, 1995, p. 195)

El relieve comprende desde superficies suaves y colinadas hasta áreas accidentadas y quebradas. Los suelos son moderadamente profundos, de textura media y poseen un horizonte superficial oscuro con influencia de materiales volcánicos. (Ventura, 1995, p. 195)

La cobertura vegetal está integrada por especies como: carrizo enano, chinchango. También destacan pequeños bosques de los géneros *Polilepys*, *Baccharis, Gynoxys* y *Buddleia,* junto con arbustos de *Chuquiragua* y *Vaccinium.* La actividad ganadera es reducida debido a las dificultades de acceso y condiciones climáticas húmedas, las cuales favorecen la presencia de enfermedades en los animales. (Ventura, 1995, p. 195)

f. Tundra pluvial Alpino Subtropical (tp – AS)

Abarca alrededor de 9 610 Km^2 y se ubica en la franja situada inmediatamente por debajo del piso nival, entre los paralelos 12º 45’ y 16º 00’ de latitud sur. Se desarrolla en altitudes comprendidas entre los 4 300 y 5 000 m. s. n. m. dentro de la cordillera andina. (Ventura, 1995, p. 199)

La biotemperatura media anual registra valores máximos próximos a 3.2 ºC y mínimos de 2.5 ºC. la evapotranspiración potencial anual equivale aproximadamente entre una cuarta parte (0.125) y una cuarta parte (0.25) del promedio anual de precipitación, corresponde a la provincia de humedad de condición super húmeda. (Ventura, 1995, p. 199)

El relieve se caracteriza por presentar formas accidentadas, además de sectores a colinados y ondulados asociados al modelado glaciar. Los suelos poseen naturaleza acida y un horizonte superficial oscuro con abundante contenido de materia orgánica. (Ventura, 1995, p. 199)

Vegetación: Contiene arbustos y hierbas, como: *Leuceria laciniata, Aciachne pulvinata, Descurainia athoocarpa* y *Calamagrostis vicunarum*. Entre las especies más representativas destaca *Distichia muscoides*, planta que forma almohadillas vegetales cuyo crecimiento ocurre en la parte superior, mientras que las secciones inferiores se transforman progresivamente en turba. (Ventura, 1995, p. 199)

3.2.6. *Ecosistema de conservación del ACP Misquiyaco- Urpaypuquio*

Según la clasificación de ecosistemas propuesta por el MINAM, el Área de Conservación se ubica dentro de la región andina y alberga ecosistemas representativos como el pajonal de puna húmeda y el matorral andino. Sin embargo, a una escala pequeña este último corresponde al Bosque Relicto Mesoandino, este tipo de ecosistemas es característico de los valles interandinos de la provincia de Anta. (SERNARP, 2021, p. 3)

3.2.8.1. Ecosistema a pequeña escala: Bosque relicto meso-andino

A nivel nacional, este ecosistema se distribuye en varias regiones andinas del Perú, incluyendo Cusco, se caracteriza por presentar una estructura y composición florística heterogénea, con la presencia de comunidades vegetales tanto homogéneas como mixtas. Entre las especies más representativas destacan *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*, mientras que en zonas de mayor disponibilidad hídrica se encuentran especies como *Podocarpus glomeratus* y *Myrcianthes oreophila*. De igual manera, especies como *Kageneckia lanceolata* y *Alnus Acuminata* contribuyen a la diversidad de este ecosistema. (MINAM, 2019, p. 75)

En la región natural andina, con un bioclima subhúmedo, con fisiografía montañosa en un rango referencial altitudinal de 2000 a 3500 msnm el ecosistema forestal andino,

presenta una superficie mayor a 5 hectáreas distribuido en parches o islas de vegetación relictual. En estos espacios predominan formaciones arboleas con alturas mayores a 2 m y cobertura del suelo que excede el 10%. Asimismo, su presencia se limita principalmente a laderas de montaña con pendiente que van de moderadas a pronunciadas. (MINAM, 2019, p. 75)

Siendo característica la presencia de epifitas (*Tillandsia usneoides*) que se extienden densamente sobre los árboles a manera de largas barbas. La fauna silvestre está compuesta por mamíferos como: *Conepatus chinga* "añaz", *Lycalopex culpaeus* "zorro andino", *Puma concolor* "puma", etc. Existen amenazas por la actividad agrícola debido a la falta de tierras, deforestación del bosque para convertirlas en áreas de cultivo, extracción de especies forestales para el uso de madera, carbón y leña. Así mismo el pastoreo por parte de animales compacta y erosiona el suelo eliminando el desarrollo de la regeneración natural del bosque. (MINAM, 2022, p. 29)

3.2.7. *Ecosistemas en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco.*

a. Zona agrícola

Estas áreas corresponden a superficies utilizadas para la producción agrícola, donde se distinguen dos tipos de principales cultivos: los transitorios y los permanentes. Los cultivos transitorios poseen ciclos de crecimiento breves generalmente de pocos meses hasta dos años, lo que implica su resiembra tras la cosecha. Por su parte. Los cultivos permanentes tienen un ciclo vegetativo más prolongado, superior a dos años, y pueden generar múltiples cosechas sin necesidad de ser replantados. (MINAM, 2019, p. 92)

b. Bofedal

La vegetación predominante en este ecosistema es de tipo herbáceo hidrófila, con una estructura densa y siempre verde, cuya altura varía entre 0.1 y 0.5 metros. Este tipo de cobertura se establece en ambientes con exceso de humedad, alimentados por diversas fuentes hídricas como el deshielo de glaciares, el afloramiento de aguas subterráneas y la precipitación pluvial.

Desde el punto de vista edáfico, se desarrolla sobre terrenos planos o con ligera pendiente, generalmente en zonas deprimidas donde el drenaje favorece la acumulación de materia orgánica, especialmente de restos de raíces muertas, formando un horizonte orgánico que contribuye a mantener las condiciones de humedad características de este ecosistema. (MINAM, 2015, p. 78)

c. Periglaciar y glaciar

Se trata de un ecosistema altoandino que se ubica por encima de los 4 500 m. s. n. m., donde también pueden encontrarse glaciares o acumulaciones de hielo a mayores altitudes. En estas condiciones predominan suelos afectados por procesos de crioturbación, generalmente expuestos y con presencia de pequeñas quebradas originadas por el deshielo. La cobertura vegetal es escasa y de porte bajo, con alturas aproximado entre 30 y 40 cm, estando compuesta principalmente por algunas gramíneas, especies de la familia Asteraceae, líquenes y plantas de tipo almohadillado, entre otras. (MINAM, 2019, p. 74)

d. Matorral andino

El matorral se desarrolla entre los 1500 y 3900 m. s. n. m., donde predomina una cobertura de vegetación leñosa y arbustiva con características estructurales variables, estas formaciones presentan una cobertura superior al 10% y se distribuyen en extensiones que superan las 0.5 hectáreas, con alturas que generalmente no exceden los 4 m. El matorral de puna seca se distingue por la dominancia de especies como: *Parastrephia spp, Lepidophyllum quadrangulare y Baccharis spp*. En cambio, el matorral montano alberga arbustos de menor tamaño y epifitas, mientras que el matorral andino presenta una combinación de arbustos dispersos y especies cactáceas o cactus. (MINAM, 2019, p. 80)

e. Pajonal de puna húmeda

Este ecosistema se desarrolla en ambientes altoandinos, dentro de un rango altitudinal aproximado entre los 3800 y 4500 m. s. n. m. (MINAM, 2019, p. 72)

Se caracteriza por una cobertura vegetal predominante herbácea, donde distinguen formaciones de césped dominadas por gramíneas de bajo porte, así como pajonales con especies de hojas y tallos rígidos que se distribuyen de manera dispersa. Asimismo, pueden presentarse asociaciones arbustivas aisladas con vegetación adaptada a crecer sobre afloramientos rocosos. (MINAM, 2019, p. 72)

Desde el punto vista fisiográfico, este ecosistema ocupa superficies planas, onduladas o colinas con pendientes que varían de suaves a moderadas. En términos de cobertura, esta oscila entre el 35% y el 50%, mientras que la altura de la vegetación generalmente no supera los 1.5 metros. (MINAM, 2019, p. 72)

3.2.8. *Flora y fauna del Área de Conservación Privada de Misquiyaco*

El ACP constituye un espacio representativo que integra ecosistemas como el pajonal de puna húmeda y el matorral andino. En este ámbito se desarrollan formaciones boscosas dominadas por especies como la “tasta” (*Escallonia myrtilloides*) y el “chachacomo” (*Escallonia resinosa*), las cuales forman parte de bosques relictos de carácter mesoandino. (Ortiz, 2022, p. 1)

Estas formaciones vegetales se encuentran asociadas a otras especies características y presentan un estado de conservación vulnerable según lo establecido por el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG. Así mismo, el área alberga fauna silvestre representativa, entre la que destacan especies como: puma, gato de pajonal y el gato andino.(Ortiz, 2022, p. 1)

Se han reportado 286 especies de plantas entre vasculares y no vasculares, siendo las familias más representativas las Ephedraceae con el género Ephedra “Pinco pinco” Poaceas, Asteraceas, Genttianaceas, Rosàceas y Drypteridaceae que corresponde a helechos. (SERNARP, 2021, p. 5) En el interior del Área de Conservación Privada se han registrado una alta diversidad de aves, con un total de 74 especies, de las cuales 10 son propias de los andes centrales. (Ortiz, 2022, p. 1)

Entre las más representativas se encuentran el *Scytalopus urubambae* (tapaculo de Vilcabamba*), Asthenes ottonis* (canastero de frente rufa), *Synallaxis courseni* (cola espina de Apurímac), *Atlapetes tterborghi* (Matorralero de Vilcabamba), entre otras. Asimismo, varias de estas especies se encuentran clasificadas en la categoría de vulnerables de acuerdo con la normativa nacional vigente (DS. N.º 004-2014-MINAGRI). (Ortiz, 2022, p. 1)

3.2.9. *Escallonia resinosa (Ruiz & Pav.) Pres.*

Es una especie distribuida desde Ecuador hasta Bolivia. (Huayta et al., 2022, p. 1) Es arbolea común en la vegetación del bosque relicto meso-andino entre 1500 y 3800 m. s. n. m. (MINAM, 2019, p. 78) Generalmente se establece en quebradas y laderas protegidas de la acción directa del viento, lo que evidencia su preferencia por ambientes más resguardados. Actualmente, se encuentra categorizada como vulnerable según el Decreto Supremo N.º 043-2006 -AG,2006. (Huayta et al., 2022, p. 2)

Tabla 2

Clasificación taxonómica de Escallonia resinosa (Ruiz & Pav) Pres.

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
División	Angiospermas
Clase	Equisetopsida
Sub clase	Magnolidae
Sub Orden	Asteranae
Orden	Escalloniales
Familia	Escalloniaceae
Especie	*Escallonia resinosa (Ruiz & Pav) Pres.*
Nombre común	Chachacomo

Nota. Adaptado de Bryng et al., 2016.

Figura 2

Escallonia resinosa (Ruiz & Pav) Pres.



Nota. Detalles de hojas y fruto de *Escallonia resinosa*. Adaptado de Huayta et al, 2022.

3.2.11.1. Características de la especie Escallonia resinosa (Ruiz & Pav.) Pres.

Altura: Alcanza de 2 a 10 metros de altura. (Huayta et al., 2022, p. 2)

Hojas: Son rígidas y un poco pegajosas cuando están frescas (debido a la resina). (Huayta et al., 2022, p. 2)

Flores: Las flores tienen órganos reproductores masculinos como femeninos en la misma flor (hermafroditas), es una flor que se puede dividir en dos partes iguales por varios planos (actinoformas) y cinco pétalos. (Huayta et al., 2022, p. 2)

Frutos: Son capsulas de 4 a 5 mm de diámetro, ubicadas en las ramas terminales, y proporcionan numerosas semillas. Los frutos se pueden cosechar en diferentes etapas de madures fisiológica sin afectar la viabilidad o germinación de las semillas. (Huayta et al., 2022, p. 2)

Reproducción: Por semillas y estacas, con gran potencial para su uso extensivo en proyectos de reforestación y restauración a gran escala en andes debido a su abundante producción de semillas. (Huayta et al, 2022, p. 2)

3.2.10. *Escallonia myrtilloides L.f.*

Es un arbusto nativo de los bosques húmedos montanos y paramos desde Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia. (Garguillo et al., 2008, p. 23)

Habita entre los 2,600 y los 3,600 msnm. (Mahecha et al., 2012, p. 505) Tiene una altura de 2 a 6 metros. (Garguillo et al., 2008, p. 25) Aunque se ha registrado ejemplares con altura máxima de 12 metros, además proporciona el hábitat para otras especies de flora y fauna. (Rueda, 2019, p. 21)

Figura 3

Escallonia myrtilloides L. f.



Nota. Adaptado de Lozano, 2015.

Tabla 3

Clasificación taxonómica de Escallonia myrtilloides L.f.

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
División	Angiospermas
Clase	Equisetopsida
Sub clase	Magnolidae
Sub Orden	Asteranae
Orden	Escalloniales
Familia	Escalloniaceae
Especie	*Escallonia myrtilloides L.f.*
Nombre común	Tasta

Nota. Adaptado de Bryng et al., 2016.

Importancia ecológica

Esta especie cumple funciones ecológicas relevantes, especialmente en la regulación del ciclo hídrico debido a que contribuye a captar la humedad de la niebla y la

lluvia favoreciendo su incorporación al ecosistema y reduciendo la perdida de agua por la evapotranspiración**.** (Cardenas & Tobon, 2017, p. 4440) Asimismo, desempeña un papel importante en la conservación del suelo, por lo que suele recomendarse su uso en procesos de reforestación, particularmente en zonas aledañas a cuerpos de agua. (Mahecha et al., 2012, p. 505)

3.2.12.1. Características de la especie Escallonia myrtilloides L. f.

Tronco: La especie presenta un tronco de aproximadamente 40 cm de diámetro, con una corteza de tonalidad marrón, textura fibrosa y superficie escamosa con fisuras visibles. Incluye numerosas ramas que se tienden a orientarse ligeramente hacia arriba en sus extremos. (Mahecha et al., 2012, p. 505)

Copa: Se dispone de forma estratificada, con una estructura horizontal amplia que se extiende hacia los lados. (Mahecha et al., 2012, p. 505)

Hojas: En cuanto al follaje, las hojas son pequeñas, con longitudes que oscilan entre 1 y 3cm, de tipo simple y disposición alterna, organizadas de manera helicoidal y agrupadas en pequeños manojitos de color verde. Presentan un borde entero, forma semejante a una espátula, superficie brillante y una nerviación poco evidente, además, muestran una coloración verde oscuro en el haz y verde grisáceo en el envés, tornándose amarillentas al madurar y careciendo de estipulas. (Mahecha et al., 2012, p. 505)

Ramas: Son gruesas y se desarrollan en distintas direcciones, mientras que las ramillas, de color café rojizo, se organizan en dos planos sobre sus ramas principales. (Mahecha et al., 2012, p. 505)

Flores: Se desarrollan de manera solitaria en los entremos de las ramillas, con dimensiones de 10 mm de largo por 7 mm de ancho. Poseen un cáliz con forma de estrella de cinco lóbulos y pétalos que forman un tubo de tonalidad verde amarillenta, acompañados con cinco estambres; su periodo de floración se extiende entre los meses de octubre y enero. (Mahecha et al., 2012, p. 505)

Frutos: Son capsulas redondeadas de alrededor de 6mm de diámetro, que se abren mediante poros para liberar múltiples semillas; su recolección suele realizarse entre junio y julio, las semillas son pequeñas, con tamaños entre 1 y 1.5 mm, de consistencia dura y color café. (Mahecha et al., 2012, p. 505)

Amenazas

La especie presenta una situación de alta vulnerabilidad, encontrándose en proceso de disminución poblacional y sin haber sido evaluada bajo los criterios de la UICN (Bernal et al., 2016, p. 140) Asimismo, los bosques de la especie *Escallonia myrtilloides* son poco frecuentes, lo que se atribuye principalmente a la reducción de individuos maduros como consecuencia de la intervención y explotación de su habitad natural, característico de los bosques altoandinos y ecosistemas de paramo. (Garguillo et al., 2008, p. 25)

3.2.11. Ecosistema

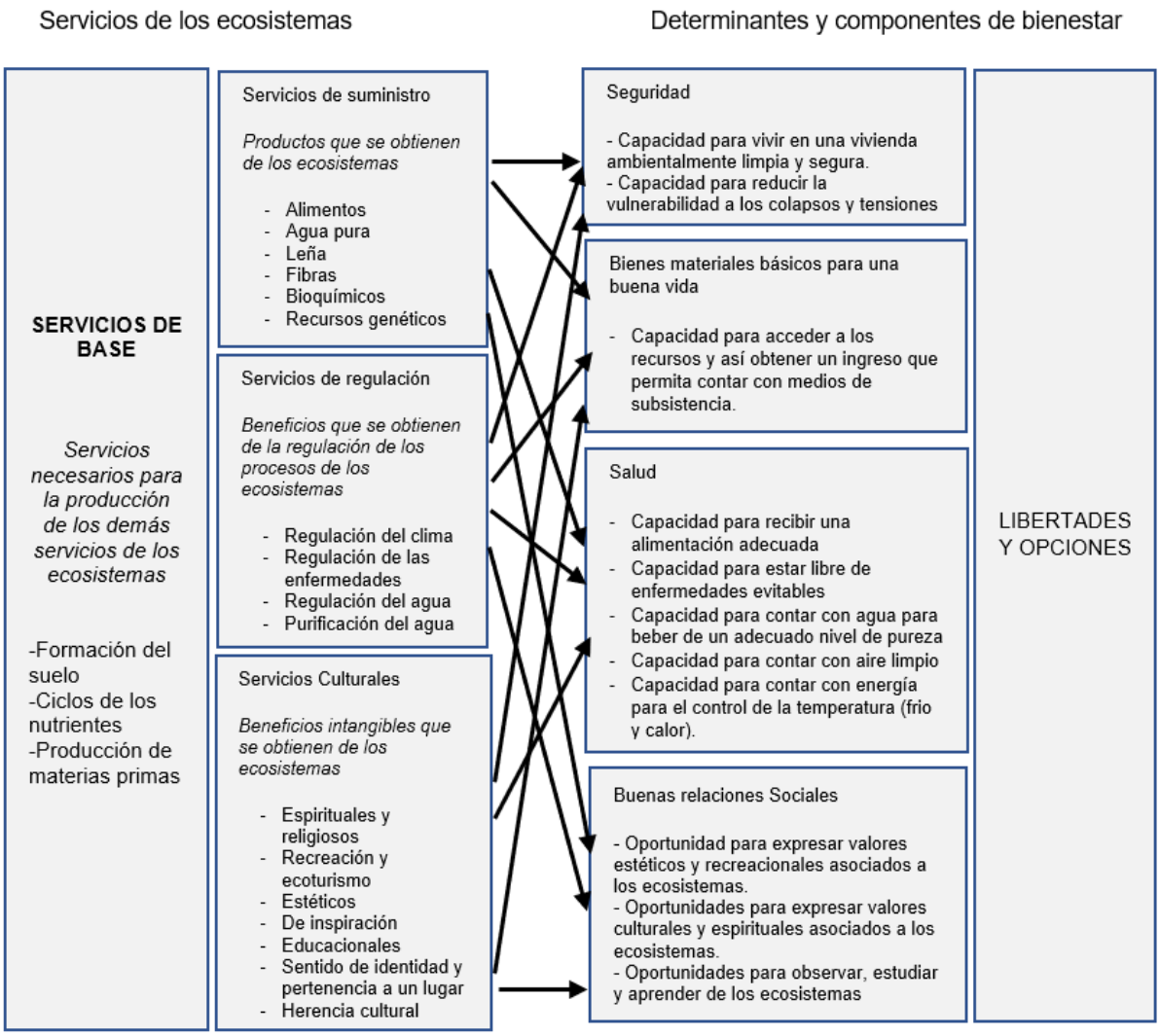
Es la unidad funcional de la naturaleza en el cual interactúan organismos vivos y elementos no vivos del entorno. Dentro de este sistema, los componentes bióticos (plantas, animales y microorganismos) se relacionan con factores abióticos (luz solar, suelo, temperatura y minerales). La escala de ecosistemas varia, desde grandes cuerpos de agua como un lago hasta un tronco en descomposición, siempre que exista interacción entre sus componentes. E incluso una hoja se considera un ecosistema, ya que a lo largo de su vida útil de la hoja pasaron generaciones de pulgones. (Pörtner., 2022, p. 387)

3.2.12. *Servicios ecosistémicos*

Se entienden como las contribuciones que los ecosistemas proporcionan a las sociedades humanas, las cuales pueden manifestarse en ámbitos económicos sociales y ambientales. Estos beneficios, tanto directos como indirectos, dependen de un adecuado funcionamiento en los sistemas naturales y resultan fundamentales para sostener la calidad de vida de las personas. (Ley Nº 30215, 2016, Art. 6) Se agrupan en cuatro tipos:

Figura 4

Servicios ecosistémicos y su vínculo con los componentes del bienestar humano.



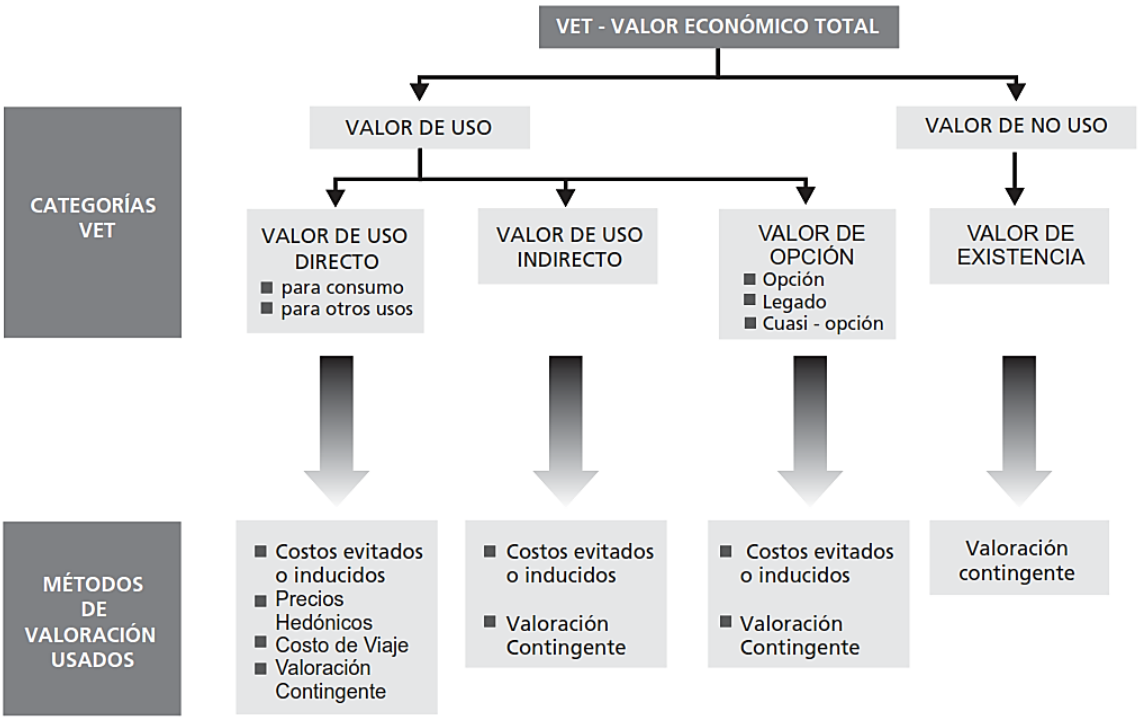
Nota. Adaptado de Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

3.2.13. *Valoración económica total*

La valoración económica de un recurso comprende la cuantificación de su valor total, el cual incorpora tanto los beneficios asociados a su utilización directa o indirecta, como aquellos que no dependen de su uso, el primero consiste en valores de uso directo e indirecto, mientras que el segundo considera los valores de legado y existencia. (Arango et al., 2023, p. 951) Tal como se observa en la figura 5.

Figura 5

Descomposición del VET y los Métodos de valoración económica asociados.



*Nota***.** Adaptado de Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

- **Valor de uso**

Se entiende por el valor de uso al conjunto de beneficios que se generan cuando los ecosistemas son aprovechados por las personas, tanto de forma directa como mediante procesos que influyen indirectamente en su bienestar. (MINAM, 2016, p. 30) Se clasifica en:

i. **Valor de uso directo (VUD). -** Hace referencia a los beneficios que las personas obtienen a partir del aprovechamiento o consumo inmediato de los bienes y servicios que brindan los ecosistemas. Este tipo de valor suele presentar características similares a las de los bienes privados, ya que implica exclusión y competencia en su uso. Entre los ejemplos más representativos se encuentran la extracción de la madera y las actividades recreativas. (MINAM, 2016, p. 29).

ii. **Valor de uso indirecto (VUI)**. - Corresponde a los beneficios que los ecosistemas generan sin necesidad de un consumo directo por parte de las personas, ya que

estos efectos se distribuyen de manera colectiva en la sociedad. Generalmente, este tipo de valor se asocia con un acceso poco restringido y con un uso no competitivo. Ejemplos: regulación hídrica, provisión de agua y protección del suelo frente a la erosión. (MINAM, 2016, p. 30)

b. Valor de No Uso (VNU)

Se refiere a los beneficios que no dependen de la utilización directa de los ecosistemas, sino de la satisfacción que genera su existencia y la intención de garantizar su conservación por las generaciones futuras. (MINAM, 2016, p. 30). Se clasifica en:

i. Valor de legado (VL). - Expresa el interés de las personas en asegurar que los beneficios derivados de los ecosistemas, tanto directos como indirectos, se mantengan disponibles para las futuras generaciones.

ii. Valor de existencia (VE). - Corresponde a la importancia que los individuos asignan a los ecosistemas y a las especies por el hecho que continúen existiendo, sin que sea necesario un uso directo ni la obtención de beneficios. (MINAM, 2016, p. 30)

3.2.14. *Métodos de valoración económica*

La elección de la metodología de valoración se encuentra influenciada por el objetivo de análisis, las características del bien o servicio ecosistémico, el tipo de valor a estimar, así como por las limitaciones de tiempo, información y presupuesto.

b) Métodos basados en valores de mercado

Precios de Mercado. – Consiste en valorar los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas utilizando referencias de precios de mercado, definidos por las dinámicas de intercambio entre productores y consumidores. (MINAM, 2016, p. 31)

c) Métodos fundamentados en preferencias reveladas

Cambios en la productividad. – Consiste en evaluar el aporte de un servicio ecosistémico a las actividades productivas, analizando como sus modificaciones inciden en la cantidad

o calidad de bienes comerciales y, en consecuencia, en el bienestar de la población. (MINAM, 2016, p. 31)

Costo de viaje. – Permite estimar el valor de servicios asociados a recreación en ausencia de precios de mercado, considerando los costos en los que incurren los visitantes, como transporte, tiempo y otros gastos necesarios para acceder al sitio. (MINAM, 2016, p. 31)

Precios Hedónicos. – Consiste en analizar como ciertos atributos inciden en el precio de bienes comercializados como viviendas o terrenos. A partir de esta relación, es posible descomponer el precio total en sus componentes y estimar el valor asociado a cada individuo. (MINAM, 2016, p. 31)

Costos Evitados. – Consiste en valorar los servicios ecosistémicos considerando los costos que asumen los gobiernos, empresas o individuos para evitar daños ambientales o sustituir dichos servicios. Estos gastos representan una aproximación al valor que se les asigna. (MINAM, 2016, p. 31)

C) Métodos basados en preferencias declaradas

Valoración Contingente. – Consiste en obtener el valor económico de un bien o servicio ecosistémico mediante encuestas, en las que se consulta a los individuos cuanto estarían dispuestos a pagar por su mantenimiento o cuanto aceptarían como compensación por su disminución. (MINAM, 2016, p. 31)

Experimentos de Elección. – El método experimentos de elección consiste en analizar los bienes que no cuentan con un mercado definido a partir de los atributos que los forman. Para ellos se presentan a los individuos distintos escenarios o combinaciones de características, con el fin de que selección la opción de su preferencia. A partir de estas elecciones, es posible estima el valor que la sociedad asigna a cada atributo, así como los cambios en el bienestar asociados a sus variaciones. (MINAM, 2016, p. 31)

d) Otros métodos de valoración

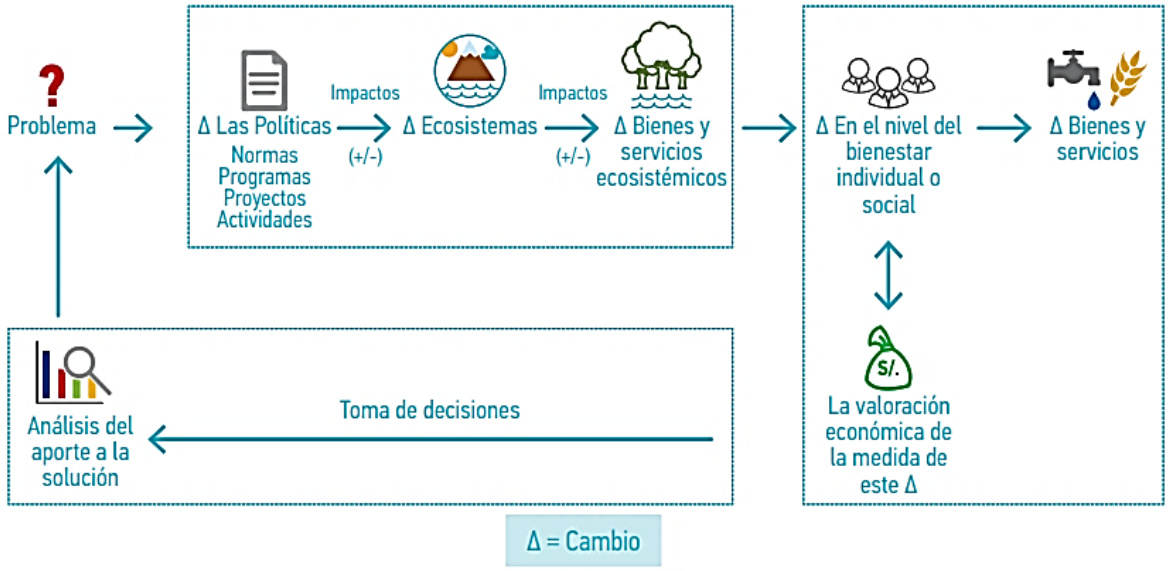
Transferencia de Beneficios. – Permite estimar valores económicos a partir de resultados obtenidos en estudios previos. Por lo cual emplea información generada en contextos similares al área de interés y se aplican ajustes que permiten adaptar dichos valores, reduciendo posibles sesgos en la estimación. (MINAM, 2016, p. 31)

3.2.15. *Proceso de valoración económica*

Inicia con la identificación de una problemática que da lugar al planteamiento de políticas o programas. Estas intervenciones generan modificaciones en los servicios ecosistémicos, lo cual repercute en el bienestar de la población. La información obtenida a partir de este análisis constituye u consumo clave para la toma de decisiones.

Figura 6

Metodología para la valoración económica del patrimonio natural.



Nota. Adaptado de MINAM, 2016.

3.2.16. *Mercados de carbono*

Es un espacio donde empresas compran o venden certificados de reducción de emisiones de GEI, existen dos tipos de mercados: voluntario y regulado. Los mercados de carbono incentivan cambios en las formas de producción, apuesta por la innovación,

optimización de procesos y modernización tecnológica, con la finalidad de permitir reducir emisiones de GEI y lograr el carbono neutral es decir lo que se emite es lo mismo que se absorbe. (Minambiente, 2020, p. 1)

3.2.17. *Mercado voluntario*

El mercado voluntario de carbono se orienta a promover el financiamiento de iniciativas que generan acciones de mitigación certificadas de manera independiente. En este contexto, los créditos de carbono representan la reducción, captura o eliminación de una tonelada de CO_2 equivalente, ya sea mediante procesos biológicos o tecnológicos. A diferencia de los mecanismos regulados, estas reducciones se realizan sin la obligación de cumplir con normativas gubernamentales, permitiendo que empresas y otros actores adopten compromisos climáticos y metas de neutralidad mediante la adquisición de créditos verificados. (Sullivan et al., 2021, p. 34)

3.2.18. *Mercado regulado o cumplimiento*

Es un sistema regulado en el que los gobiernos imponen límites a las emisiones de GEI y obligan a comprar permisos o créditos de carbono a las empresas, para cumplir con las normativas. Su objetivo es reducir las emisiones mediante incentivos económicos y sanciones por incumplimiento. (MEF, 2023, p. 5) En la tabla 7 se muestra el precio de mercados regulados.

3.2.19. *Métodos para la medición de altura*

- **Métodos directos:** Se caracterizan por requerir mediciones realizadas de manera presencial sobre el objeto de estudio, sin estimaciones indirectas. Entre las técnicas más utilizadas se encuentran la escalada del árbol, así como el uso de herramientas como jalones y pértigas telescópicas para obtener datos con mayor presión. (Yne, 2014 , p. 23)
- **Métodos indirectos:** Se basan en la obtención de medidas sin necesidad de un contacto directo, utilizando instrumentos como los hipsómetros. Estos dispositivos

permiten estimar variables a partir de principios geométricos y trigonométricos, como la semejanza de triángulos o las relaciones angulares en triángulos rectángulos**.** (Yne, 2014 , p. 23)

3.2.20. *Biomasa aérea*

La biomasa aérea de un árbol corresponde al total de materia orgánica presente en sus componentes visibles, tales como hojas, ramas y corteza. Este concepto no se refiere a la altura de individuo, sino a la cantidad de masa biológica acumulada por encima del nivel del suelo. (Dauder et al., 2000, p. 1)

3.2.21. *Métodos de estimación de biomasa*

La estimación de la biomasa aérea en arboles puede realizarse mediante dos enfoques principales: métodos destructivos y no destructivos.

- **Método directo:** También denominado destructivo, se caracteriza por ofrecer alta precisión, ya que implica la tala de individuos para determinar la biomasa a partir del peso de sus componentes, como fuste, ramas y hojas. Esta información se utiliza posteriormente para desarrollar ecuaciones alometricas y factores de expansión que permiten extrapolar los resultados a un área determinada. (Rugnitz et al., 2009, p. 28)
- **Método indirecto:** O no destructivo, se basa en el uso de modelos matemáticos que se relacionan variables dasometricas obtenidas en campo. Entre los parámetros más empleados se encuentran el DAP (1.30 m), la altura del árbol y el volumen del árbol, los cuales varían según la especie y permiten estimar la biomasa sin necesidad de intervenir físicamente los individuos. (Runitz et al., 2009, p. 28; García et al., 2024, p. 77)

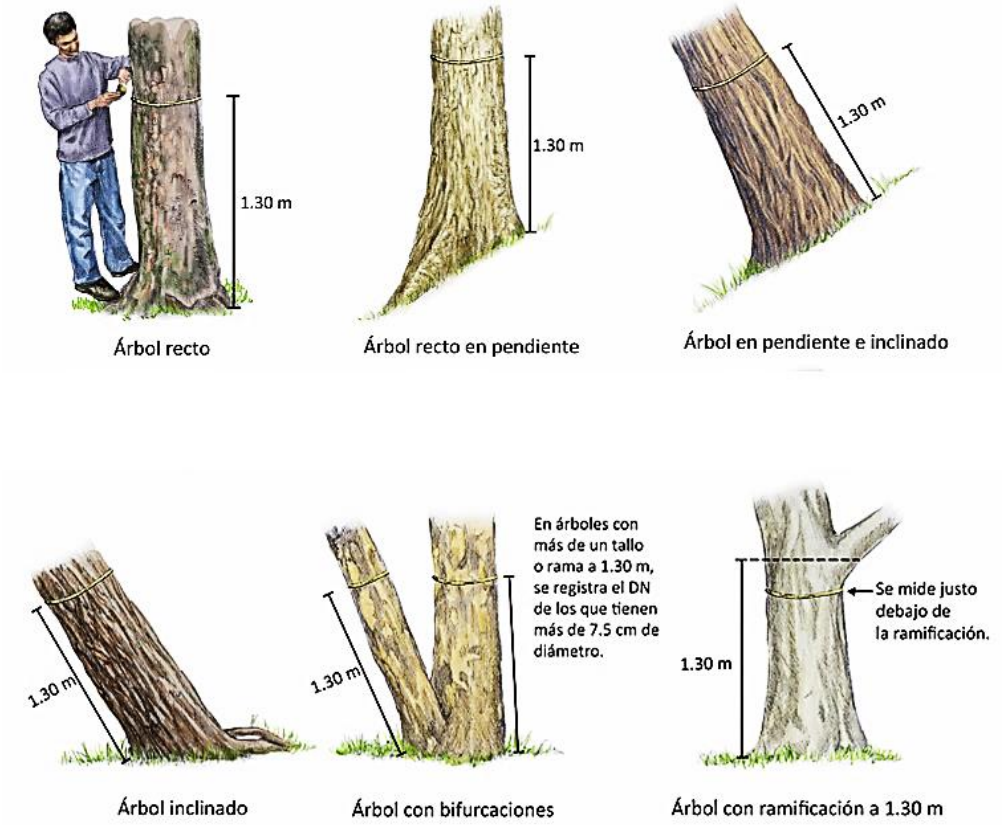
3.2.22. *Diámetro a la altura del pecho*

El diámetro de los árboles se determina a la altura del pecho, siendo a 1.30 m sobre el nivel del suelo, y se conoce como DAP. Esta medición se realiza generalmente utilizando una cinta métrica flexible que permite obtener la circunferencia del tronco, la cual expresa

en centímetros. (Rugnitz et al., 2009, p. 23) El DAP mínimo requerido para bosques andinos es ≥ 5 cm. (MINAM, 2015, p. 30) Durante la medición del diámetro, es importante verificar que la cinta métrica se encuentre correctamente colocada, sin inclinaciones, ni deformaciones y ajustada de manera uniforme alrededor del tronco. Además, debe mantenerse en posición perpendicular para asegurar la precisión del dato obtenido. (USAID, 2018, p. 26)

Figura 7

Criterios para la medición del DAP en campo.



Nota. Adaptado de USAID, 2018.

3.2.23. *Altura del árbol*

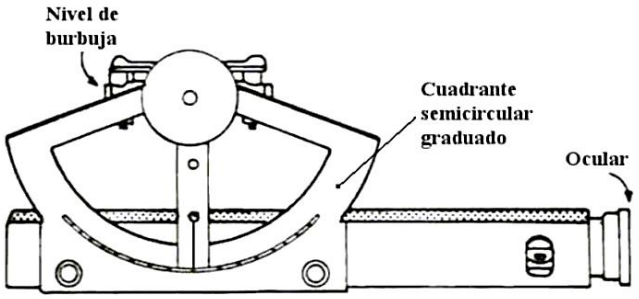
La altura de un árbol se refiere a la distancia vertical que se mide desde la base en el suelo hasta su punto más elevado, generalmente ubicado en la parte superior de la copa. (FAO, 1974, p. 13) Esta medición se realiza paralelamente con el inventario de árboles utilizando un hipsómetro digital o similar. (Schlegel et al., 2001, p. 5)

3.2.24. *Nivel de Abney*

Es un instrumento topográfico portátil que combina un clinómetro y un nivel de burbuja montado sobre un tubo con visor, utilizando por medir pendientes, ángulos de elevación o depresión y alturas de objetos como árboles. (Kavanagh & Glenn, 2000, p. 33)

Figura 8

Elementos del nivel de Abney.



Nota. Adaptado de Romhn de la Vega & Raminez, 2010.

Para realizar la correcta medición en campo con el nivel de Abney se utilizó el manual “The Abney Level Handbook (1927)” del departamento de Agricultura de Estados Unidos del servicio Forestal, en el cual se describe el uso del nivel de Abney en mediciones de campo para silvicultura, topografía y manejo de tierras.

3.2.25. *Variables de altura de un árbol*

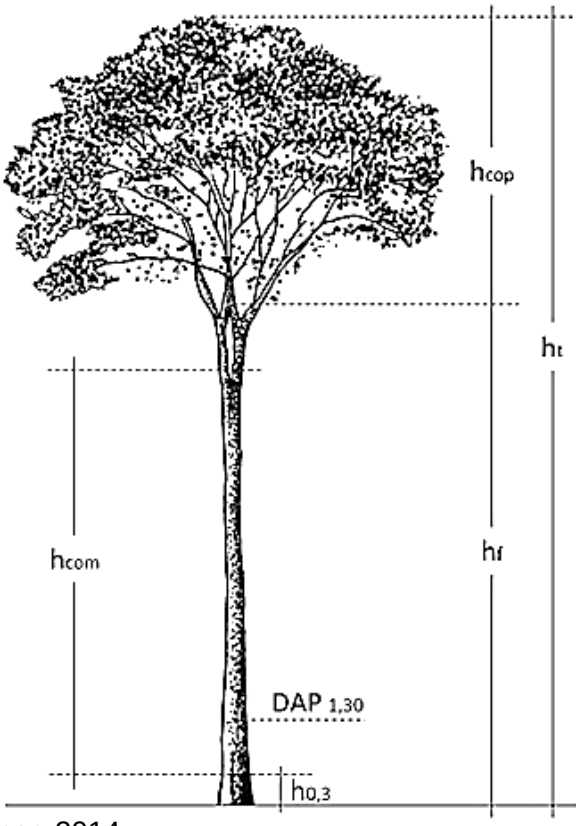
En los estudios forestales se emplean diferentes tipos de alturas para describir la estructura de los árboles. Entre las más utilizadas se encuentran la altura total (h_t), que corresponde a la distancia vertical desde el nivel del suelo hasta el punto más alto del individuo. Asimismo, la altura del fuste (h_f) se define como la longitud comprendida entre la base del árbol y el inicio de la copa o la primera ramificación. (Yne,2014; Cuñachi,2014)

Por otro lado, la altura de copa **(**h_{cop}) se obtiene a partir de la diferencia entre la altura total y la altura de fuste, representando la extensión de la copa. En términos productivos, la altura comercial (h_{com}) hace referencia a la porción del tronco que puede ser aprovechada económicamente, delimitada por criterios de diámetro mínimo.

Finalmente, la altura del tocón o troncón ($h_{0,3}$) corresponde a la distancia desde el suelo hasta el punto de corte efectuado durante el aprovechamiento. (Yne, 2014 , p. 23)

Figura 9

Puntos de medición.



Nota. Adaptado de Yner, 2014.

3.2.26. *Dióxido de carbono equivalente*

Es un indicador estandarizado que permite expresar de forma comparable el impacto climático de los GEI. Su cálculo se realiza al convertir las emisiones de cada gas en función de su potencial de calentamiento global, considerando un horizonte temporal especifico. (Core et al., 2007, p. 2)

3.2.27. *Ecuaciones alometricas*

Las ecuaciones alometricas constituyen modelos matemáticos que describen la relación funcional entre variables dendrometricas, permitiendo estimar una variable de interés a partir de otra de medición más accesible. En el ámbito forestal, estas relaciones suelen emplear parámetros como: DAP y altura total del árbol obtenidos en campo, para estimar la biomasa área de manera indirecta. Dichos modelos se desarrollan a partir de

datos provenientes de inventarios forestales o de mediciones obtenidas mediante métodos destructivos. (Brown & Lugo, 1984)

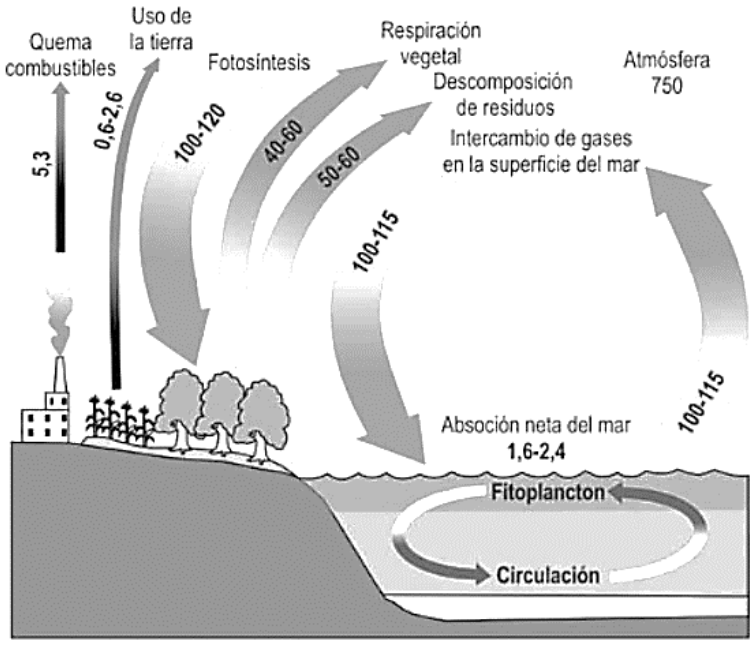
3.2.28. *Ciclo del carbono*

El carbono se almacena en cinco compartimentos, los cuales son: océanos que almacenan 38 000 Pg de C (1Pg C = 1Gt C), reservas geológicas almacenan 5 000 Pg de C, el suelo almacena 2,300 Pg donde la materia orgánica representa el 67% y los compuestos inorgánicos como los carbonatos el 33%. La reserva de la atmosfera almacena 760 Pg de C y los organismos vivos contienen 560 Pg de C. (Merino, 2012, p. 109)

Los organismos fotosintéticos (algas, plantas y cianobacterias) capturan CO_2 de la atmosfera, utilizan la energía del sol y agua para convertir en oxígeno y moléculas de glucosa ($C_6\ H_{12}O_6$), este último es azúcar simple que los autótrofos queman para obtener energía o transformar en otras moléculas de carbono utilizables a través del proceso de respiración celular o para construir biomasa vegetal. (Zehnder et al., 2018, p.1)

Figura 10

Flujos entre los compartimentos del planeta tierra.



Nota. Adaptado de Merino, 2012.

3.2.29. *Calentamiento global*

Describe el aumento sostenido de la temperatura media del planeta. Desde la era preindustrial, se ha registrado un incremento aproximado de 1.1ºC, atribuido principalmente a las actividades humanas. Se estima que el efecto total del forzamiento antrópico alcanzaría cerca de 1.5 º C, sin embargo, este aumento ha sido parcialmente compensado por la presencia de aerosoles atmosféricos, los cuales generan un efecto de enfriamiento. Entre los GEI, el dióxido de carbono (CO_2) representa la principal contribución al calentamiento, seguido por el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). (IPCC, 2021, p. 7)

3.2.30. *Marco normativo*

Acuerdo de Paris

Este acuerdo, adoptado el 12 de diciembre del 2015, establece como meta principal no permitir el aumento de la temperatura media global a menos de 2ºC respecto a los niveles preindustriales, promoviendo además acciones orientadas a restringir dicho incremento a 1.5 ºC**.** Aumentar sumideros, depósitos de GEI incluidos bosques y adaptación al cambio climático. Entro en vigor el 4 de diciembre del 2016. (ONU, 2015, p. 2)

Protocolo de Kyoto

Este acuerdo, adoptado el 11 de diciembre de 1997, establece como meta asegurar que emisiones antropogénicas de GEI (CO_2, CH_4, N_2O, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre) se reduzcan menos del 5% del año 1990 en el periodo del 2008 al 2012. Debe ser informado las emisiones por fuentes y absorción de sumideros de GEI de actividades humanas desde 1990 del carbono almacenado en cada periodo de compromiso de cada estado. Entro en vigor el 16 de febrero del 2005. (ONU, 1998, p. 3)

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Adoptada el 9 de mayo de 1992 en Nueva York, tuvo como finalidad regular las concentraciones de los GEI en la atmosfera para evitar impactos adversos derivados de la

actividad humana sobre el sistema climático. Asimismo, busca garantizar el tiempo necesario para la adaptación de los ecosistemas, proteger la seguridad alimentaria y promover un desarrollo económico sostenible. Entro en vigor el 28 de junio del 2002. (ONU, 1992, p. 5)

Ley General del Ambiente

Los recursos naturales y los distintos componentes del ambiente desempeñan funciones esenciales para el equilibrio de los ecosistemas. En este contexto, el estado implementa instrumentos orientados a reconocer su valor, promover mecanismos de compensación y asegurar la continuidad de los servicios ambientales que estos proveen. (Ley N.º 28611, Art. 94)

Ley forestal y de fauna silvestre

Reconoce la susceptibilidad de los bosques andinos ante impactos del cambio climático, por lo que impulsa acciones orientadas a su conservación y restauración como estrategias de mitigación y adaptación. Asimismo, fomenta la investigación, la reforestación con enfoque ecológico y el aprovechamiento sostenible de estos ecosistemas. (Ley N.º 29763, Art. 73)

3.3. Definición de términos

- ✓ **Composición de la atmosfera.** Capa de gases que se encuentra en la estratosfera, compuesta por: N con 79%, O con 20% y el 1% restante de la atmosfera está constituido por diversos gases, entre los cuales destacan el Ar con aproximadamente 0.9 % y el CO_2 con cerca de 0.03 %. (Caballero et al., 2007, p. 3)
- ✓ **Cambio climático.** Hace referencia a las modificaciones que experimenta el clima como consecuencia de acciones antrópicas, que alteran la composición de la atmosfera y generan variaciones adicionales sobre el comportamiento natural del sistema climático a lo largo del tiempo. (ONU, 1992, p. 3)
- ✓ **Carbono. –** Al combinarse con el oxígeno, el carbono forma dióxido de carbono (Co_2), un gas generado tanto por procesos biológicos como geoquímicos, cuya

presencia en la atmosfera desempeña un papel clave en la regulación de la temperatura del planeta. (Martinez & Bremauntz, 2004, p. 77)

- ✓ **Sumideros de carbono.** Son sistemas naturales, como los bosques, que desempeñan funciones de protección ambiental y participan en el ciclo de carbono mediante procesos como: fotosíntesis y respiración, intercambio de carbono con la atmosfera; almacenan cantidades de carbono en su biomasa y suelo; liberan oxigeno (O_2) a la atmosfera. (Arango, 2011)
- ✓ **Bosques andinos.** Son ecosistemas de montaña presentes en condiciones climáticas secas, estacionalmente húmedas y húmedas a una elevación de 1000 a 5000 msnm, contribuyen a la mitigación del cambio climático, son frágiles y vulnerables ante acciones antrópicas. (Confederaciòn Suiza , 2021, p. 11)
- ✓ **Bosques.** Se consideran ecosistemas dominados por especies arboleas, en los que también se desarrollan componentes arbustivos y herbáceos que forman parte de su estructura vegetal. (Granados et al., 2007, p. 68) Cumple funciones ecológicas como conservación de la biodiversidad, regulación del clima, provisión de bienes y servicios. (Secretaria sobre el Convenio sobre la Diversidad Biologica. , 2005, p. 132)
- ✓ **Créditos de carbono.** Los bonos de carbono son mecanismos que representan reducción verificada de gases de efecto invernadero. En el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), la Junta Ejecutiva emite las Reducciones Certificadas de Emisiones (CER), donde cada certificado equivale a una tonelada de CO_2 equivalente generado durante la implementación de un proyecto. Estos instrumentos pueden originarse tanto en iniciativas de energía limpia como en actividades orientadas a la captura y almacenamiento de carbono. (Dìaz, 2016, p. 29)
- ✓ **Huella de carbono.** Indicador que cuantifica las emisiones de GEI generadas de manera directa por una actividad, considerando todas las etapas del ciclo de vida de un bien o servicio, desde la obtención de materias primas hasta su disposición

final. (Espìndola & Valderrama, 2012, p. 167) Se calcula según el protocolo de emisiones de GEI en tres ámbitos: emisiones directas (fuentes propias), emisiones indirectas (generación por terceros) y otras emisiones indirectas (actividades de organización que ocurren fuera de la empresa). (Schneider & Samaniego, 2010, p. 16)

- ✓ **Valor económico. –** Se entiende como la importancia que una persona o la sociedad asigna a un bien o servicio en función de la utilidad que este proporciona. Este valor se manifiesta en el bienestar generado a partir de la relación entre los individuos y los recursos, dentro de un contexto determinado. (MINAM, 2016, p. 27)
- ✓ **Precio.** – Se entiende como un valor monetario asignado a un bien o servicio dentro de un intercambio, el cual refleja la disposición de pago del comprador frente a la oferta del vendedor. Este valor se establece en el mercado a partir de la interacción entre oferta y demanda. (MINAM, 2016, p. 27)

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

La investigación presenta un tipo o enfoque cuantitativo debido a que se basa en la obtención y procesamiento de datos numéricos para el análisis estadístico de las variables estudiadas, permitiendo contrastar hipótesis e interpretar patrones de comportamiento. (Hernández et al, 2014, p. 4) En este estudio se emplearon técnicas e instrumentos para recopilar los datos de CAP y H_t de las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* para el cálculo de la captura de carbono y posteriormente la valoración económica del servicio ecosistémico calculado.

4.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación corresponde al descriptivo, puesto que tiene como propósito identificar y detallar las principales características y propiedades del fenómeno estudiado, así como describir el comportamiento de las variables dentro de una población determinada. En ese sentido, la investigación se centra en recopilar y analizar información de manera individual o conjunta sobre las variables consideradas en el estudio. (Hernández et al, 2014, p. 92) El estudio corresponde al nivel descriptivo ya que tiene por objetivo detallar y caracterizar la capacidad de captura de carbono de *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* en un contexto determinado sin involucrar análisis de causalidad o explicaciones profundas de relaciones complejas.

La presente investigación se considera de tipo básica o pura, debido a que está orientada a la generación y ampliación del conocimiento científico. Su relevancia radica en la formulación de principios, generalizaciones y planteamientos teóricos que podrían servir como base para futuras aplicaciones o investigaciones relacionadas con el tema de estudio. (Tamayo & Tamayo. M, 2003, p. 43) Dada que la investigación es básica, posterior a la valoración económica no se previó una aplicación práctica inmediata ya que su propósito es generar conocimiento y aportar a la comunidad científica.

El estudio presenta un diseño no experimental, ya que las variables no fueron manipuladas intencionalmente durante el desarrollo de la investigación. En este diseño de investigación, los hechos o fenómenos se estudian en el entorno donde se presentan naturalmente, sin efectuar modificaciones entre ellos. (Hernández et al, 2014, p. 152) El estudio es de diseño no experimental ya que se limita a la observación y recolección de datos de CAP y H_t de las especies y la capacidad de captura de carbono sin manipular las variables del estudio.

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Temporal

La información empleada en esta investigación fue obtenida directamente en campo del 30 de junio al 28 de septiembre del año 2025.

4.2.2. Espacial

La presente investigación se realizó en el Área de Conservación Privada, con una superficie de 1,791.91 ha, que pertenece a la Comunidad Campesina Misquiyaco-Urpaypuquio, en la siguiente ubicación geográfica:

Región : Cusco

Provincia : Anta

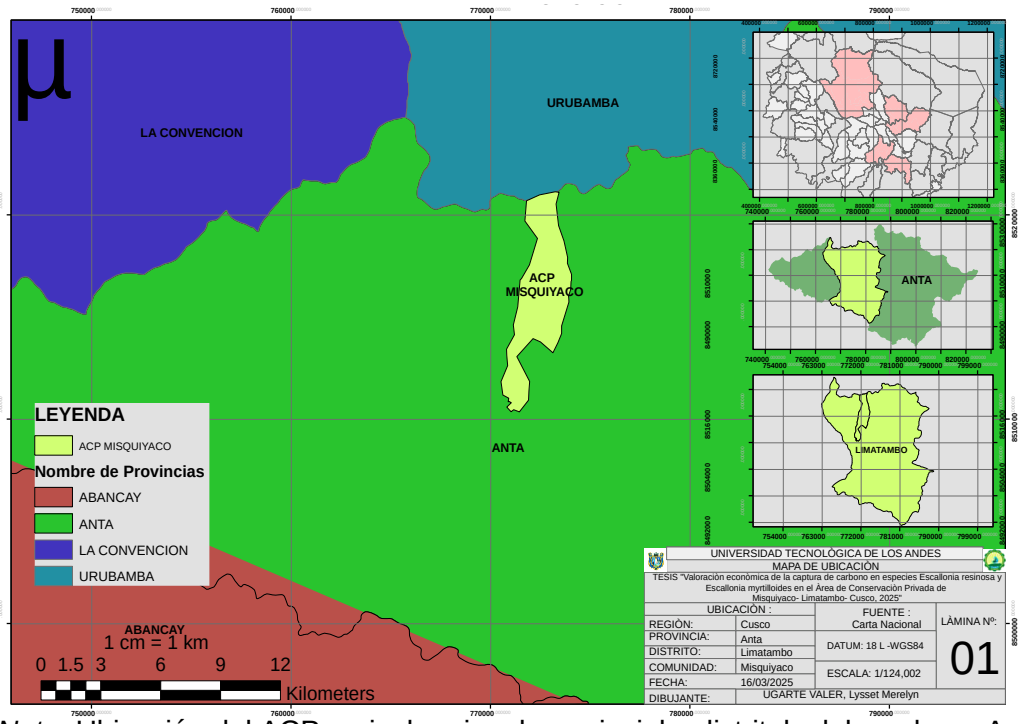
Distrito : Limatambo

En el Área de Conservación Privada de Misquiyaco, se encuentra el bosque relicto de las especies arbustivas que son objeto de conservación como*: Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*, geográficamente dicha área se encuentra delimitado:

- **Por el Norte:** Provincias de Urubamba y la Convención.
- **Por el Este:** Provincia de Paruro y Cusco.
- **Por el sur y Oeste**: Departamento de Apurímac.

Figura 11

Mapa de ubicación del Área de Conservación Privada de Misquiyaco.



Nota. Ubicación del ACP a nivel regional, provincial y distrital, elaborado en ArcGIS.

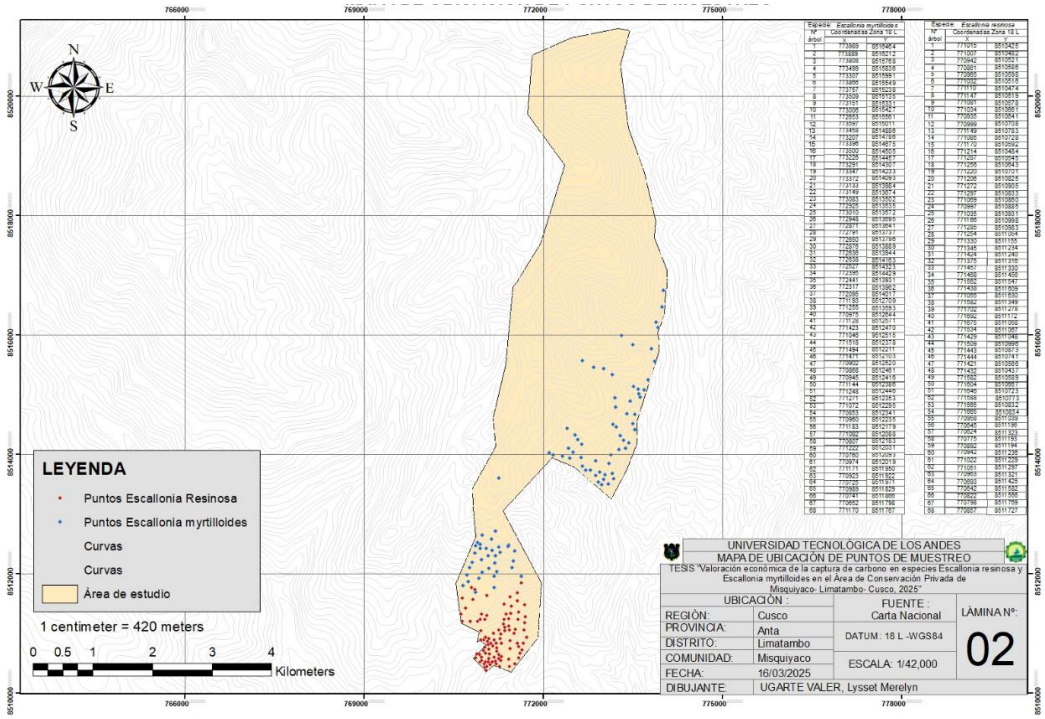
4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

En la investigación, la población está conformada por el conjunto de elementos, que poseen determinadas características susceptibles de ser observadas y medidas, ya sean de carácter cualitativo o cuantitativo. (Cordova, 2014, p. 2) Está formada por arboles de *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* presentes en el ACP de Misquiyaco en una superficie de 1,791.91 ha.

Figura 12

Mapa de ubicación de puntos de muestreo



Nota. El mapa representa los puntos de muestra de las especies *Escallonia resinosa* y Escallonia myrtilloides en el ACP, elaborado en ArcGIS.

4.3.2. Muestra

La muestra corresponde a una porción representativa de la población, seleccionada mediante determinados criterios o procedimientos, con la finalidad de obtener información validad sobre el conjunto del cual procede. (Cordova, 2014, p. 2)

Para la recolección de los datos se seleccionó los individuos representativos de ambas especies de acuerdo con los criterios de accesibilidad y distribución en el área lo que permitió obtener una medición adecuada de la captura de carbono en diferentes puntos del área de estudio. Por lo tanto, la muestra está constituida por 68 individuos de *Escallonia resinosa* y 68 individuos de *Escallonia myrtilloides.*

4.3.2.1. Muestreo por conveniencia

Se caracteriza por seleccionar la muestra mediante procedimientos no aleatorios procurando, que las unidades elegidas presenten características semejantes a las de la población de estudio. La representatividad depende principalmente del criterio del

investigador, lo que constituye una de sus principales limitaciones, debido a que no se puede determinarse de manera exacta el grado de representación de la muestra. (Mateu & Casal, 2003, p. 5)

4.3.2.2. Cálculo del tamaño de la muestra

Se requiere considerar variables como la superficie de estudio, la varianza y el margen de error estimado. En las investigaciones relacionadas a stock de carbono el error permitido suele situarse entre el 10% y el 20%. (Pearson & Brown, 2005) Se utilizo la fórmula para calcular la muestra para poblaciones infinitas.

(1) $n = \frac{Z^2 * p * q}{E^2}$

Donde:

n = Número de unidades muestrales.

Z = Corresponde al nivel de confianza. (1.645 para 90%)

p = Proporción esperada (si se desconoce el valor, se usa 0,5)

q = 1- p (en tal sentido 1 – 0.5 = 0.5)

e = margen de error tolerado (0.10 para 10%); reemplazando, los valores en la formula:

n = 68 individuos por especie estudiada.

Interpretación:

El tamaño calculado de la muestra es de 68 árboles para la especie *Escallonia resinosa* y 68 árboles para la especie *Escallonia myrtilloides*, siendo un total de 136 árboles muestreados en el Área de Conservación Privada.

4.3.2.3. Herramienta de estudio

Permite recopilar información mediante el registro y análisis de las conductas, acciones o características que presentan las personas, grupos o fenómenos dentro de su contexto natural. (Medina et al., 2023, p. 20) A través de esta técnica se pudo obtener información

directa sobre los datos de CAP y H_t de las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides.*

4.4. Instrumentos

Son los recursos empleados para obtener y procesar información durante el desarrollo del estudio. Su función es facilitar la recopilación de datos confiables y precisos que permitan sustentar adecuadamente los resultados y conclusiones de la investigación. Entre los instrumentos más utilizados se encuentran los cuestionarios, escalas de medición, entrevistas estructuradas y pruebas estandarizadas. (Medina et al., 2023, p. 12)

- **The Abney level Handbook**

Es un manual técnico publicado en 1927 por el United States Departament of Agriculture (USDA) a través del Servicio Forestal, este documento detalla el manejo, procedimiento y calibración del uso del nivel de Abney, que es un instrumento óptico- mecánico empleado para medir ángulos de inclinación y estimar alturas en campo.

- **Guía de valoración económica del patrimonio natural**

Fue aprobado mediante RM N.º 409-2014-MINAM, que estableció la valoración económica del patrimonio natural para tomar decisiones, métodos, procesos alcances y limitaciones.

- **Guía de inventario de la flora y vegetación**

Mediante la RM N.º 059-2015—MINAM se aprobó una guía que integra información estandarizada de flora y vegetación en una base de datos de alcance nacional, orientada a optimizar la gestión de RR.NN., biodiversidad y servicios ecosistémicos.

- **Ficha de recolección de datos**

Se utilizo para recolectar los datos el formulario de campo- medición de árboles vivos, para el cálculo de captura de carbono se utilizó el método no destructivo mediante la utilización de ecuaciones alometricas, se recolecto los datos de CAP y altura total (H_t), ver

anexo 2, esta ficha facilito la organización y sistematización de los datos observados en campo, está basado en el Manual de Campo para las Ecozonas costa y sierra, 2015, aprobado mediante Resolución DE N.º 253-2016-SERFOR-DE.

- **Equipos y materiales de trabajo.**

Tabla 4

Equipos y materiales de trabajo

	Equipos y materiales
Equipos	Nivel de Abney, GPS Garmin, Cámara fotográfica, calculadora CASIO fx-82LA PLUS y laptop.
Materiales	Fichas de campo, tablero, mapa de ubicación, flexómetro de 5 m, cinta métrica de 20 m, flexómetro 5 m y palo de madera 1.50 m.
Software	Microsoft Word y Excel, ArcGIS 10.5 y SPSS.
Otros	Lápiz, lapiceros, borrador, tajador entre otros.

Nota. Elaboración del investigador, 2025.

4.5. Procedimientos

El estudio se ejecutó mediante fases sucesivas: fase de diagnóstico, fase de recolección de datos y fase de gabinete.

a. Fase de diagnostico

Se solicito el acceso para realizar el trabajo de investigación al presidente del ACP Misquiyaco, luego se identificó el área de estudio según la RM Nº 246 -2021-MINAM, donde se encuentra los límites del ACP. Así mismo se verifico la distribución de *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* para el cálculo del tamaño de la muestra, diseño de muestreo y método de muestreo. Posterior a ello se realizó la calibración del nivel de Abney en el laboratorio METROLAB Y CALIDAD S.A.C. para asegurar la precisión y confiabilidad, el certificado de calibración del nivel de Abney o eclímetro se adjunta en el Anexo 02.

b. Fase de recolección de datos

Se recolecto lo datos mediante el método indirecto (no destructivo), por lo que en la ficha de campo se registró los datos de CAP y H_t, para lo cual se efectuó dos repeticiones por cada árbol para asegurar la precisión de los resultados.

- **Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

  El diámetro de los árboles fue registrado a 1.30 m sobre el nivel del suelo, correspondiente al DAP, utilizando una cinta métrica. (Mostacedo & Fredericksen, 2000, p. 30)

$$\textbf{(2)} \quad DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Donde:

DAP: Diámetro a la altura del pecho (m)

CAP: Circunferencia a la altura del pecho (m)

$\boldsymbol{\pi}$: 3.1416

- **Cálculo de la altura total del árbol**

Para medir la altura total de los árboles, se utilizó el nivel Abney o eclímetro, para lo cual primero se calculó la distancia conocida OC, que corresponde a la distancia entre el árbol y el observador a una altura de 1.50 metros. Posterior a ello a la altura de 1.50 metros se realizó la medicación de los ángulos (copa y base) para lo cual se utilizó el método trigonométrico en los diferentes casos que se presentaron para la medición de altura total, una vez obtenido el dato, a este se le sumo 1.50 m que corresponde a la altura del observador al suelo.

Pie del árbol accesible

✓ **Línea visual horizontal del observador entre la punta y base del árbol**

Esta situación corresponde al procedimiento más común para estimar la altura del árbol, en el cual el espécimen es accesible para el evaluador. En este método se determina la distancia horizontal que existe entre árbol y punto de observación, considerando que la línea visual horizontal del operador intercepta un punto ubicado entre la base y la punta del árbol. Asimismo, desde el lugar de observación es posible dirigir visuales hacia ambos extremos del individuo arboleo. (Romath de la Vega & Ramirez, 2010, p. 30)

En la figura 13, se representa a un observador situado en el punto O, equipado con un instrumento para medir ángulos verticales. Mediante este equipo se obtienen los ángulos de inclinación dirigidos hacia la parte superior y la base del árbol; además, con ayuda de un longìmetro se calcula la distancia entre árbol y punto de observación. (Romath de la Vega & Ramirez., 2010, p. 30) A partir de ello se establece lo siguiente:

OA y **OB** = Visuales entre la ápice y base del árbol.

OC = Línea de referencia para medición de ángulos verticales, se refiere a la distancia horizontal entre el ojo del observador y el árbol.

$\boldsymbol{\alpha\ y\ \beta}$ = Ángulos de observación vertical.

Según lo representado en la figura 13, la altura total del árbol corresponde a la suma de los segmentos AC y BC, expresada como h = AB. En el triángulo rectángulo OAC, la tangente del ángulo formado por la visual dirigida hacia la parte superior del árbol se obtiene a partir de la relación entre sus lados.

(3) Tan $\alpha = \frac{AC}{OC}$; AC = OC * Tan α

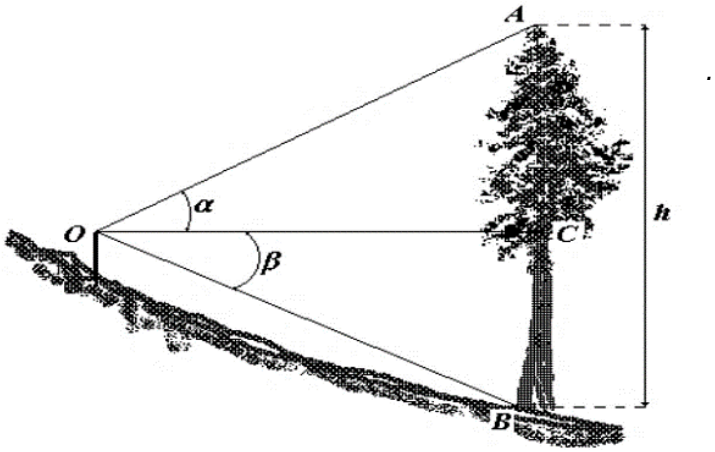
De igual manera, en el triángulo rectángulo OBC, la tangente del ángulo dirigido hacia la base del árbol se expresa como:

(4) Tan $\beta = \frac{BC}{OC}; BC = OC * Tan\,\beta$

(5) AB = (OC * Tan α) + $(OC * Tan\,\beta) = OC * (Tan\,\alpha + Tan\,\beta)$

Figura 13

Línea visual del observador ubicada entre el ápice y la base del árbol.



Nota. Adaptado de Romahn de la Vega & Ramírez, 2010.

La altura del árbol se obtiene a partir de la suma de tangentes correspondientes a los ángulos formados dirigidas hacia la copa y base, multiplicado por la distancia horizontal entre árbol y observador. (Romath de la Vega & Ramirez, 2010, p. 30)

(6) AB = OC * (Tan $\alpha + Tan\,\beta$)

✓ **Observador por encima de la base del árbol – pendiente descendente**

En la figura 14 se presenta a un observador ubicado en el punto O, equipado con un instrumento destinado a la medición de ángulos de inclinación. Mediante este equipo se obteniendo las visuales dirigidas hacia el ápice y base del árbol; asimismo, la distancia entre árbol y punto de observación se determina utilizando un flexómetro. (Romath de la Vega & Ramirez, 2010, p. 31) Por lo que:

OA y OB: Corresponden a las líneas visuales dirigidas hacia la parte superior y la base del árbol, respectivamente.

OC: Representa la distancia horizontal existente entre observador y árbol, considerada como referencia para la medición de los ángulos de observación. Los símbolos $\boldsymbol{\alpha}$ y $\boldsymbol{\beta}$ indican los ángulos de inclinación registrados durante la evaluación.

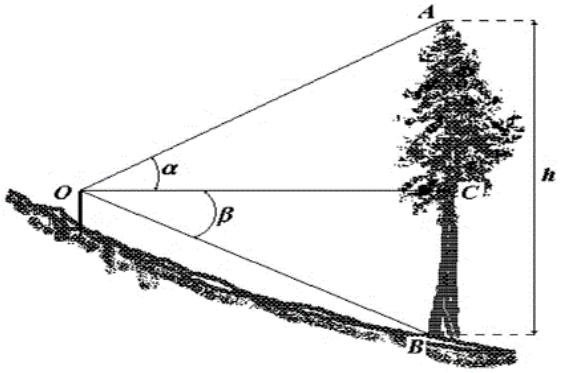
La figura 14 muestra la altura total del árbol que está dada por la expresión h = AB = AC + BC.

Considerando el triángulo rectángulo OAC, la tangente del ángulo formado por la visual hacia la copa del árbol se determina mediante la siguiente relación:

(7) $\text{Tan } \alpha = \frac{\text{AC}}{\text{OC}}$; $\text{AC} = \text{OC} * \text{Tan } \alpha$

Figura 14

Línea visual del observador ubicada entre la punta y la base del árbol.



Nota. Adaptado de Romahn de la Vega & Ramírez, 2010.

En el triángulo rectángulo OBC, la tangente correspondiente a la visual dirigida hacia la base del árbol se expresa como:

(8) $\text{Tan } \beta = \frac{BC}{OC}$; $\text{BC} = \text{OC} * \text{Tan } \beta$

(9) $\text{AB} = (\text{OC} * \text{Tan } \alpha) + (\text{OC} * \text{Tan } \beta) = \text{OC} * (\text{Tan } \alpha + Tan\ \beta)$

- ✓ **Visual horizontal del observador debajo de la base del árbol – pendiente ascendente**

El tercer caso aplicable en terrenos con pendiente, común en áreas forestales, ocurre cuando la línea visual horizontal del observador se ubica por debajo de la base del árbol,

tal como se observa en la figura 15. En esta condición, la altura total del árbol (AB) se obtiene mediante la diferencia entre los segmentos CB y AC, expresada como:

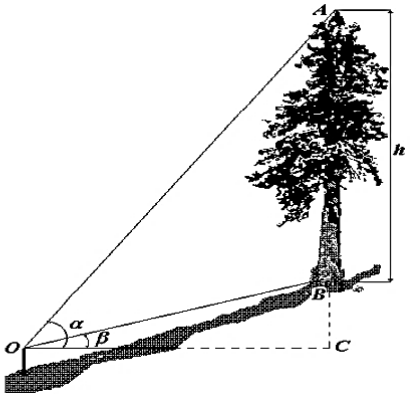
(10) h = AB = CB – AC

Considerando el triángulo rectángulo OAC, la tangente del ángulo formado por la visual dirigida hacia la parte superior del árbol determina la siguiente relación:

(11) Tan $\alpha = \frac{AC}{OC}$; AC = OC * Tan α

Figura 15

Visual horizontal del observador abajo de la base del árbol.



Nota. Adaptado de Romahn de la Vega & Ramírez, 2010.

En el triángulo rectángulo OBC, la tangente correspondiente a la visual orientada hacia la base del árbol se expresa mediante:

(12) Tan $\beta = \frac{BC}{OC}$; BC = OC * Tan β

La altura AB se obtiene a partir de la diferencia entre los segmentos AC y BC.

(13) AB = (OC * Tan α) – (OC * Tan β) = OC * (Tanα – Tan β)

a. Fase de gabinete

- **Biomasa aérea**

Se utilizó el método indirecto, que consiste en la aplicación de ecuaciones alometricas para la estimación de la biomasa de las especies estudiadas.

- **Área basal** (m^2/ha)

Constituye una medida utilizada para estimar el volumen de especies arboleas y arbustivas. Se define como el área transversal del tallo o tronco del árbol, calculada a una altura especifica desde el suelo. (Mostacedo & Fredericksen, 2000, p. 37)

(14) $AB = \frac{\pi * DAP^2}{4}$

Donde:

AB : Área basal (m^2)

DAP: Diámetro a la altura del pecho (m)

$\boldsymbol{\pi}$: 3.1416

- **Cálculo del volumen maderable** (m^3/ha)

El cálculo del volumen maderable se realizó considerando el producto del área basal (AB), la altura total (H_t) y el factor forma (Ff), empleando para ellos la ecuación propuesta por Ruiz (2014).

(15) V = AB * H_t* Ff

Donde:

V : Volumen maderable (m^3)

AB: Área basal (m^2)

Ht : Altura total (m)

Ff : Factor forma (0.75; adimensional)

El factor forma, fue determinado a partir de la tabla 5, debido a que se estudió especies latifoliadas, por lo que se aplicó el factor forma de 0.75; para temas dendrómetros los árboles por su forma se clasificaron en cilíndricas para latifoliadas. (Goffard, 2020)

Tabla 5

Factores de forma

Tipo de dendrómetro del fuste	Referencia	Factor de forma
Cilindro		$f \geq 0.75$
Paraboloide		$0.74 \geq f \geq 0.4$
Cono		$0.39 \geq f \geq 0.27$
Neiloide		$f < 0.38$

Nota. Adaptado de Gutiérrez et al., 2013.

- **Conversión de volumen a biomasa del fuste** (t/ha)

  La biomasa del fuste se calculó mediante la multiplicación del volumen maderable (V), por la densidad básica de la madera (Db), dividiendo posteriormente el resultado entre 1000, siguiendo la ecuación propuesta por Brown (1997).

  (16) BF = (V * Db) / 1000

Donde:

BF : Biomasa del fuste (t)

V : Volumen maderable (m^3)

Db : Densidad básica de la madera (kg/m^3)

- 1000: Factor de conversión de kg a t.

Densidad de la especie *Escallonia myrtilloides*

Densidad básica de la madera 710 kg/m^3, según Gil et al., (2020, p. 50).

Densidad de la especie *Escallonia resinosa*

Densidad básica de la madera 810 kg /m^3,según Gil et al., (2020, p. 50)

- **Cálculo de la biomasa aérea** (t/Ha)

La biomasa aérea fue estimada a partir de la multiplicación de la biomasa leñosa por el FEB, utilizando la ecuación alometrica propuesta por el IPCC (2003).

(17) BT = BF * FEB

Donde:

BT : Biomasa aérea (t)

BF : Biomasa del fuste (t)

FEB : Factor de expansión de biomasa (3.40)

Tabla 6

Valores predeterminados de los Factores de Expansión de biomasa (FEB)

Zona climática	Tipo de bosque	DAP mínimo (cm)	FEB (con corteza)
Boreal	Coniferas	0 – 8.0	1.35 (1.15 – 3.8)
Boreal	Latifoliadas	0 – 8.0	1.30 (1.15 – 4.2)
Templada	Coniferas	0 – 12.5	1.30 (1.15 – 4.2)
Templada	Pinos	0 – 12.5	1.30 (1.15 – 3.4)
Templada	Latifoliadas	0 – 12.5	1.40 (1.15 – 3.2)
Tropical	Pinos	10.0	1.30 (1.2 – 4.0)
Tropical	Latifoliadas	10.0	3.40 (2.0 – 9.0)

Nota. Adaptado de IPCC, 2004.

Las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* son latifoliadas y se encuentran en los andes del Perú, que climáticamente están dentro de la región tropical. (IPCC, 2004) Por lo que para determinar el FEB se utilizó el valor de 3.40.

- **Cálculo de carbono total** (t C/ha)

Es el resultado de la biomasa total (BT) multiplicado por el factor de conversión, se aplicó la ecuación propuesta por Chaparro & Lezcano. (2022).

(18) CT = BT * 0.5

Donde:

CT : Carbono total (t C)

BT : Biomasa total (t)

Factor de conversión: 0.5 (la materia sexa contiene un promedio de 50% de carbono almacenado)

- **Cálculo del dióxido de carbono equivalente** (t CO_2/ha)

Es el resultado de la multiplicación del carbono total por el factor de conversión de C a CO_2, se utilizó la fórmula empleada por el IPCC (2003).

(19) CO_2e = CT * 3.667

Donde:

CO_2e : Dióxido de carbono extraído de la atmosfera. (t CO_2/ha)

CT : Carbono total (t C/ha)

3.667 : Factor obtenido por el cociente entre el peso atómico de CO_2 y peso atómico de C.

- Peso atómico de CO_2 : 43.99 g/mol

- Peso atómico de C: 12.00 g/mol

- **Cálculo de la valoración económica**

Para calcular la valoración económica se multiplica las toneladas de CO_2 equivalente por el precio de mercado, se utilizó la siguiente fórmula:

(20) Ve = CO_2e * Precio de mercado

Donde:

Ve : Valoración económica de carbono en dólares.

CO_2e: Toneladas de CO_2e (t)

a. Valoración económica de la captura de carbono en especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides.*

Para estimar el valor económico del bosque relicto mesoandino de T'asta y Chachacomo se tomó como referencia el procedimiento metodológico descrito en la Guía de Valoración Económica del Patrimonio Natural.

1.- Fase de planificación de la valoración económica

- **Determinación del objetivo de la valoración**

Los ecosistemas forestales cumplen una función importante en la mitigación del cambio climático debido a su capacidad de captura de carbono; sin embargo, su aporte ambiental muchas veces no es conocido ni valorado adecuadamente dentro de los procesos de planificación económica y ambiental. Está limitada consideración ha ocasionado la escasez de información específica sobre la valoración económica de la captura de carbono según especies, dificultando la formulación de decisiones orientadas a la conservación y al manejo sostenible de los bosques.

- **Definición del ámbito**

El ámbito de estudio corresponde al bosque relicto mesoandino donde se encuentran las especies arboleas *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*, el estudio se desarrolló dentro del ACP de Misquiyaco.

- **Identificación de bienes y servicios ecosistémicos**

El servicio ecosistémico que se priorizo corresponde al servicio de regulación, específicamente la captura de carbono, el cual desempeña un papel preponderante en la mitigación al cambio climático. Este servicio consiste en la capacidad que poseen las especies forestales para capturar el CO_2 de la atmosfera contribuyendo así al equilibrio ambiental. La valoración se centra en la captura de carbono de las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* presentes en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco.

2.- Fase de valoración económica

- **Identificación y caracterización de los actores involucrados**
    - **Actores involucrados directos**
        - Propietarios o administradores del Área de Conservación Privada
        - Autoridad ambiental (SERFOR)
    - **Actores involucrados indirectos**
        - Organizaciones no gubernamentales (ONGs)
        - Sociedad civil y comunidades del entorno
        - Autoridades locales, provinciales y regionales.
        - Instituciones académicas o científicas
- **Priorización y caracterización de los bienes y servicios ecosistémicos**

    El servicio ecosistémico de interés en el presente estudio es la captura de carbono en las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* del ACP de Misquiyaco.

- **Identificación del tipo de valor**

  El servicio ecosistémico de captura de carbono por su valor de uso es:

  - **Indirecto:** Es un servicio ambiental de regulación que beneficia de manera indirecta ya que reduce el dióxido de carbono logrando mantener el equilibrio climático.
  - **Directo:** Cuando el carbono capturado es objeto de valoración económica o comercialización en esquemas de compensación ambiental puede adquirir un valor de uso directo lo que se traduce en un pago real a través de bonos de carbono.

- **Elección y aplicación del método de valoración económica**

Para valorar el servicio ecosistémico de captura de carbono se utilizó el método por precios de mercado, siendo el precio social determinado por el MEF – Perú.

(21) $Ve = CO_2e * \text{Precio de mercado}$

Donde:

Ve : Valoración económica ($)

CO_2e: Toneladas de CO_2 equivalente (t)

Tabla 7

Mercado voluntario

Entidad	Crédito de carbono	Precio	Autores
Precio Social del Carbono según MEF- Perú.	1	$ 30	(Dirección General de Programación Multianual de Inversiones -MEF, p.1)

Nota. Precio del mercado voluntario MEF- Perú.

3.- Fase postvaloraciòn económica

- **Aplicación del valor económico en la toma de decisiones**

  En esta fase la información obtenida se presenta como un insumo técnico que podrá ser utilizado en el futuro para la toma de decisiones relacionadas a la gestión ambiental. Si bien el estudio tiene un enfoque básico, los resultados constituyen una referencia cuantitativa que podrá ser aplicada en procesos de planificación, regulación ambiental, mecanismos de financiamiento o estrategias de conservación, contribuyendo a fortalecer la incorporación de la valoración económica del servicio ecosistémico en la gestión del Área de Conservación Privada.

- **Análisis de aporte a la solución del problema**

  Se evalúa el aporte de los resultados obtenidos al problema identificado en la etapa de preparación de la valoración económica. Los valores estimados de captura de carbono permitieron evidenciar la importancia ecológica y económica del bosque relicto meso-andino y de las especies evaluadas aportando información clave para su conservación. Los resultados constituyen una base técnica que puede ser utilizadas por los tomadores de decisiones en futuros procesos de planificación y gestión ambiental especialmente en la formulación y estrategias orientadas a la mitigación del cambio climático y valoración de servicios ecosistémicos. La valoración económica realizada contribuye de manera indirecta a la solución del problema identificado, al generar conocimiento que respalda la toma de decisiones sobre el manejo sostenible del área de conservación.

4.6. Análisis de datos

- **Organización de datos**: Los datos obtenidos de la medición de altura total fueron recopilados utilizando el nivel de Abney calibrado respectivamente (Anexo 2), trasladándolo al Área de Conservación Privada para medir la altura total y la CAP de los 136 árboles estudiados**.** Finalizada la etapa de recopilación de datos en campo, se

procedió al procesamiento, análisis e interpretación de la información registrada en la ficha de campo. Los datos de área basal, volumen de la madera, biomasa del fuste, biomasa aérea, carbono total y dióxido de carbono equivalente fueron organizados en tablas y gráficos en el programa Microsoft Excel para la presentación de los resultados.

- **Procedimiento estadístico:** Para realizar la prueba de distribución de normalidad de los datos de la población de las dos especies en estudio, se trasladó los datos de las variables estadísticas (biomasa aérea, carbono total, dióxido de carbono equivalente y valoración económica) al programa SPSS donde utilizo la prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov. Y para realizar la constatación de la hipótesis se utilizó la prueba de U de Mann Whitney para muestras independientes, con la finalidad de aprobar o rechazar la hipótesis según el resultado de la significancia para cada variable estadística.

4.7. Consideraciones éticas

La presente investigación se realizo con instrumentos que garantizan el desarrollo de la obtención de los datos en las fases de recolección de datos y gabinete. La investigación se realizo preservando el aspecto ético y veraz, respetando el instructivo de investigación dentro de los parámetros y lineamientos fijados por la Universidad Tecnológica de los Andes, absteniéndose al plagio o falsificación, siendo riguroso la redacción de la presente investigación.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

En el Área de Conservación Privada Misquiyaco se evaluó un total de 136 árboles, de los cuales 68 individuos corresponden a la especie *Escallonia resinosa* y 68 individuos a especie *Escallonia myrtilloides* en un área de 1,791.91 ha.

Tabla 8

Cantidad de especies forestales de la muestra en el ACP.

Especie	Número de ejemplares
Escallonia resinosa (Ruiz & Pav) Pres.	68
Escallonia myrtilloides L.f.	68

Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Análisis e interpretación

En la tabla 08 se muestra la cantidad de individuos estudiados que representan a la especie *Escallonia resinosa* siendo de 68 árboles y para la especie *Escallonia myrtilloides* de 68 árboles, siendo para las dos especies la misma cantidad de ejemplares.

5.1.2. Sumatoria de CAP, DAP Y H_t obtenido de las especies en estudio.

Tabla 9

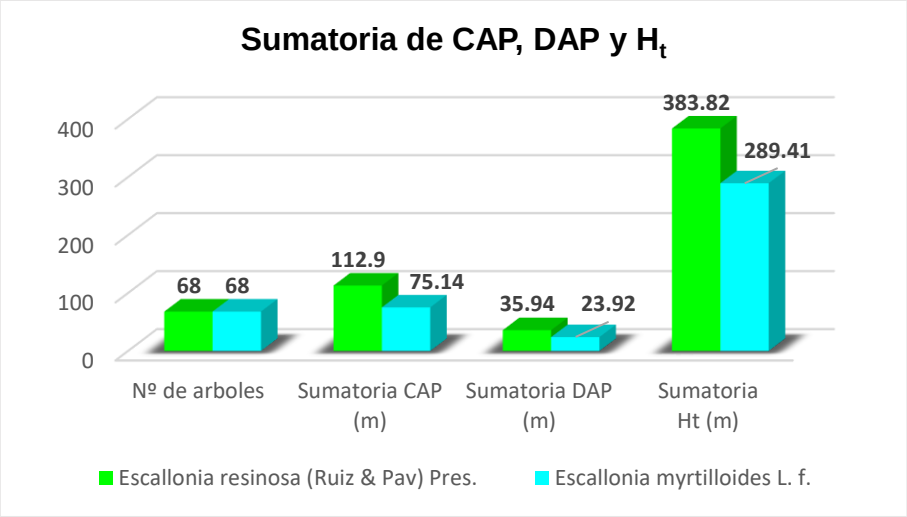
Sumatoria de CAP, DAP y H_t de las especies estudiadas

Nombre común	Nombre científico	Nº de árboles	Sumatoria CAP (m)	Sumatoria DAP (m)	Sumatoria H_t (m)
Chachacomo	*Escallonia resinosa (Ruiz & Pav) Pres.*	68	112.90	35.94	383.82
Tasta	*Escallonia myrtilloides L. f.*	68	75.14	23.92	289.41

Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Figura 16

Sumatoria de CAP, DAP y H_t de las especies estudiadas.



Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Análisis e interpretación.

En la tabla 9 y figura 16, se evidencia que la cantidad de los árboles para la especie *Escallonia resinosa* es de 68 árboles, con una sumatoria de CAP de 112.90 y una sumatoria de CAP de 35.94 m, los cuales presentan mayor valor respecto a los datos obtenidos por la especie *Escallonia myrtilloides*, que cuenta con una sumatoria de CAP de 75.14 m y una sumatoria de DAP de 23.92 m. Con respecto a la sumatoria de la altura total de la especie *Escallonia resinosa* es de 383.82 m, siendo mayor a comparación con la especie *Escallonia myrtilloides* con una sumatoria de la altura total de 289.41 m.

5.1.3. Biomasa aérea de las especies estudiadas.

Tabla 10

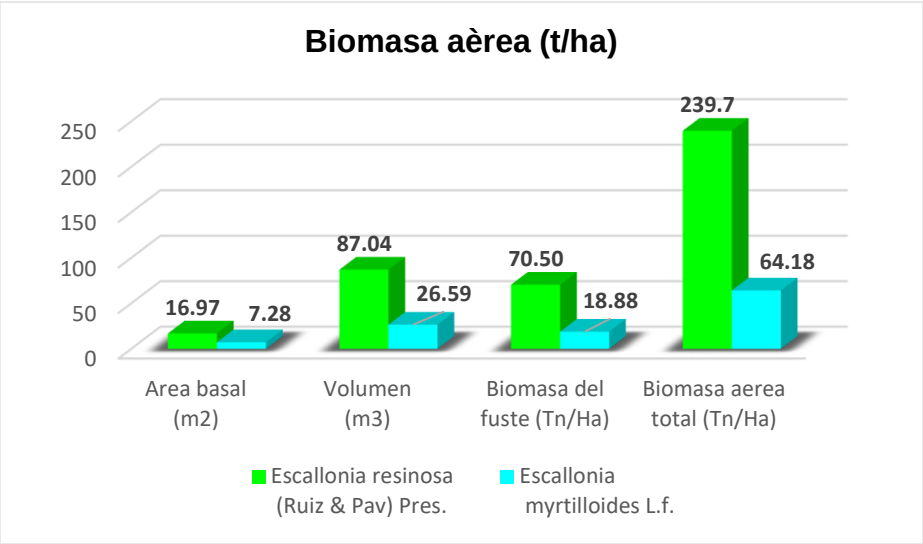
Resultado de biomasa aérea de las especies estudiadas.

Especies forestales	Área basal (m^2)	Volumen (m^3)	Biomasa de fuste (t/ha)	Biomasa aérea (t/ha)	Biomasa aérea (%)
Escallonia resinosa (Ruiz & Pav) Pres.	16.97	87.04	70.50	239.70	78.88
Escallonia myrtilloides L.f.	7.28	26.59	18.88	64.18	21.12

*Nota***.** Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Figura 17

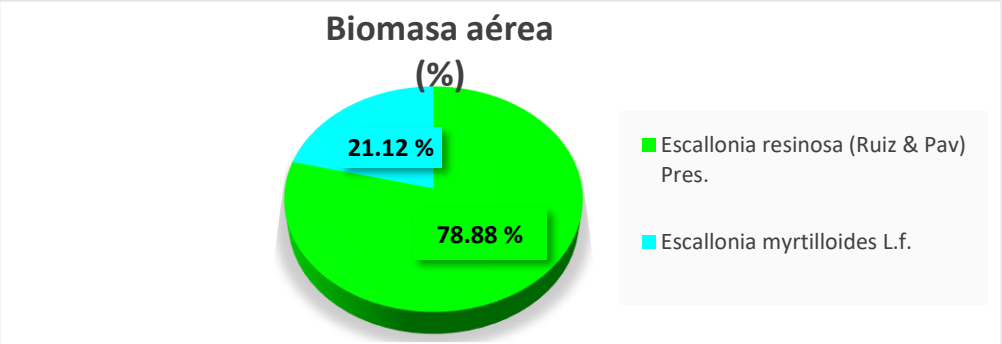
Biomasa aérea en las especies Escallonia resinosa y Escallonia myrtilloides.



Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Figura 18

Porcentaje de biomasa aérea de las especies estudiadas.



Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Análisis e interpretación.

En la tabla 10 y figura 17, se aprecia la cantidad de carbono capturado en la biomasa aérea en las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides.* La especie *Escallonia resinosa* obtuvo un área basal de 16.97 m^2, siendo mayor a comparación con la especie *Escallonia myrtilloides* que obtuvo un área basal de 7.28 m^2. En cuanto al volumen maderable, la especie *Escallonia resinosa* obtuvo 87.04 m^3,siendo mayor respecto al volumen de la especie *Escallonia myrtilloides* que presento 26.59 m^3. La biomasa del fuste de la especie *Escallonia resinosa* es de 70.50 t/ha mientras que para la

especie *Escallonia myrtilloides* es menor siendo de 18.88 t/ha y sobre la captura de carbono en la biomasa aérea total, la especie *Escallonia resinosa* obtuvo mayor cantidad siendo un valor de 239.70 t/ ha mientras que la especie *Escallonia myrtilloides* solo presento 64.18 t/ha.

En la figura 18, se muestra que la especie *Escallonia resinosa* obtuvo mayor porcentaje de biomasa aérea con un 78.88 %, mientras que la especie *Escallonia myrtilloides* presento un porcentaje, de carbono capturado en la biomasa aérea de 21.12 %.

Tabla 11

Descripción estadística de la biomasa aérea (t/ha) de especies estudiadas.

		Especies			
		Escallonia resinosa		***Escallonia myrtilloides***	
Detalle		**Estadístico**	**Error estándar**	**Estadístico**	**Error estándar**
Promedio		3.5250	0.63657	0.9441	0.11057
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2.2544		0.7234	
	Límite superior	4.7956		1.1648	
Promedio recortado al 5%		2.7312		0.8244	
Valor central		2.2500		0.6550	
Varianza		27.555		0.831	
Desviación estándar		5.24929		0.91179	
Valor mínimo		0.41		0.03	
Valor máximo		39.06		4.97	
Amplitud		38.59		4.94	
Rango intercuartil		3.22		0.77	
Sesgo		5.236	0.291	2.428	0.291
Curtosis		32.806	0.574	7.011	0.574

Nota. Datos recogidos del programa SPSS.

Interpretación:

- La media o promedio de *Escallonia resinosa* presenta un valor de 3.52 t/ha mientras que *Escallonia myrtilloides* tiene una media de 0.94 t/ha. Los valores de *Escallonia resinosa* son considerablemente más altos que *Escallonia myrtilloides*, siendo tres veces mayor.

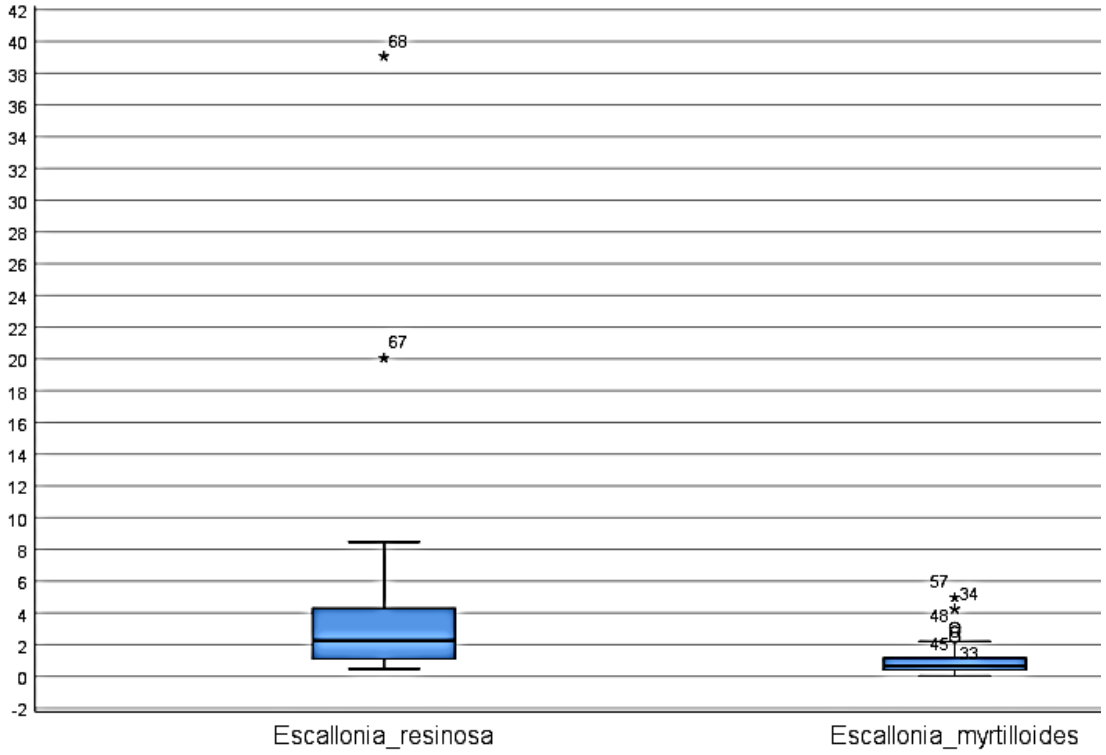
- El intervalo de confianza al 95% para la media de *Escallonia resinosa* (2.2544 t/ha -4.7956 t/ha no se sobrepone con *Escallonia myrtilloides* (0.7234 t/ha y 1.1648 t/ha), indicando diferencias en la media entre ambas especies son estadísticamente significativas.
- La media recortada al 5% de la especie *Escallonia resinosa* con 2.7 t/ha siendo menor respecto a la media (3.52 t/ha), existen valores muy altos que aumentan el promedio original a diferencia de la especie *Escallonia myrtilloides* que presenta una media cortada al 5% de 0.82 t/ha con valores más homogéneos.
- La mediana de la especie *Escallonia resinosa* es 2.25 t/ha siendo menor que la media (3.52 t/ha), en cambio *Escallonia myrtilloides* presenta una mediana de 0.65 t/ha siendo un poco menor que la media (0.94 t/ha), la diferencia entre los valores de la especie *Escallonia resinosa* es notable indicando que el valor central es mayor.
- La desviación estándar de *Escallonia resinosa* es 5.25 t/ha con una varianza de 27.55 $(\mathrm{t/ha})^2$, mientras que *Escallonia myrtilloides* presenta una desviación estándar de 0.91 t/ha y varianza de 0.83 $(\mathrm{t/ha})^2$, esto indica que los valores de *Escallonia resinosa* son más irregulares y están influidos por valores extremos mientras que los valores de *Escallonia myrtilloides* son más consistentes y estables entre sí.
- El rango de *Escallonia resinosa* es 38.59 t/ha a diferencia de *Escallonia myrtilloides* con 4.94 t/ha, por lo que la primera especie presenta una amplitud mucho mayor de valores, lo cual refleja una marcada heterogeneidad y presencia de valores extremos, en cambio *Escallonia myrtilloides* muestra un rango más reducido, lo que indica valores más centrados y con mayor homogeneidad.
- El rango intercuartílico de la especie *Escallonia resinosa* fue de 3.22 t/ha, valor superior al registrado para *Escallonia myrtilloides* 0.77 t/ha. Esto indica que el 50% central de los valores de biomasa de *Escallonia resinosa* presenta una mayor

dispersión entre el primer cuartil (Q1) y el tercer cuartil (Q3). En contraste, el menor rango intercuartílico de *Escallonia myrtilloides* evidencia que el 50% central de sus datos se encuentra más concentrado alrededor de la mediana reflejando una menor variabilidad.

- La asimetría o sesgo de la especie *Escallonia resinosa* es 5.236 y para especie *Escallonia myrtilloides* es 2.428, ambas especies presentan una asimetría positiva, por lo que los datos tienden a acumularse en valores pequeños, con colas que se alargan hacia valores altos.
- La curtosis de la especie *Escallonia resinosa* es 32.806 y para la especie *Escallonia myrtilloides* de 7.011, ambas especies muestras distribuciones con curtosis positiva (leptocúrticas), por lo que en ambas existen valores extremos, sin embargo, *Escallonia resinosa* presenta una curtosis más alta por lo que sus datos están más afectados por valores atípicos y colas más largas, mientras *Escallonia myrtilloides* presenta una distribución más estable y menos distorsionada.

Figura 19

Diagrama boxplot de la biomasa aérea de las especies estudiadas.



*Nota***.** Recopilado del programa SPSS, 2025.

Interpretación:

- La especie *Escallonia resinosa* presenta una mediana baja, indicando que al menos el 50% de los individuos tienen biomasa aérea en valores por debajo de 3.5 unidades y la otra mitad por encima.
- El rango intercuartílico (RIC) de *Escallonia resinosa* es amplio, corresponde a la diferencia entre el cuartil (Q3) que se ubica por encima de 4 unidades y el primer Q1 que está un poco por encima de 1 unidad, esto indica que la variabilidad dentro del 50% central de los datos de biomasa aérea de la especie *Escallonia resinosa* es moderada a amplia.
- El bigote superior es mucho más largo, se extiende por encima de 8 unidades, reflejando una asimetría positiva en la distribución (cola extendida hacia la derecha) y el bigote inferior se ubica cerca a cero, esto indica que existe mayor concentración de datos en alores bajos de biomasa aérea, con un rango relativamente estrecho, aunque existen algunos individuos con valores mucho mayores.
- En la especie *Escallonia myrtilloides* la mediana esta cercana a la base de la caja, indicando que al menos el 50% de los individuos de esta especie tienen valores de biomasa muy bajos en comparación con los valores máximos observados. La caja pequeña indica baja variabilidad de los valores, por lo que el rango intercuartílico es más estrecho lo cual indicia menor dispersión entre 25% y 75%. Los valores se encuentran más concentrados alrededor de la mediana, refleja individuos pequeños en biomasa y los casos con mayor biomasa aérea son excepcionales.
- El bigote superior se extiende un poco, por lo que la distribución es menos asimétrica con una ligera cola a la derecha, los bigotes se extienden en un rango pequeño desde cero unidades hasta aproximadamente 0.5 unidades, indicando menor dispersión, la gran mayoría de los individuos se agrupan en alores reducidos de biomasa. La presencia de valores atípicos hacia arriba indica que existen algunos individuos excepcionales.

Carbono total capturado por *Escallonia resinosa* y *Escallonia* myrtilloides.

Tabla 12

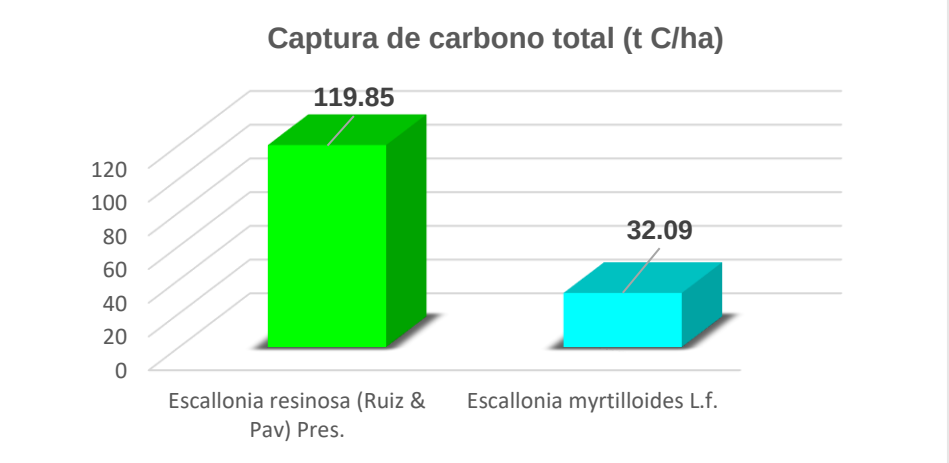
Resultados de la captura de carbono total por las especies estudiadas.

Nombre común	Especies forestales	Carbono total (t C/ha)	Carbono total (%)
Chachacomo	*Escallonia resinosa* (Ruiz & Pav) Pres.	119.85	78.88
Tasta	*Escallonia myrtilloides L.f.*	32.09	21.12

Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Figura 20

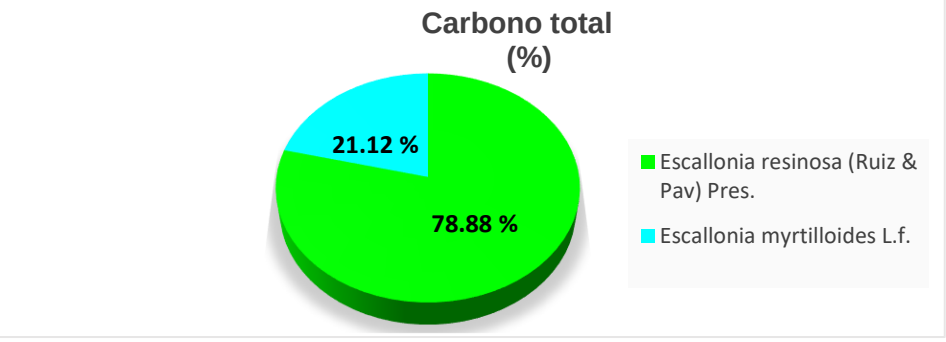
Carbono total capturado por las especies Escallonia resinosa y Escallonia myrtilloides



Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Figura 21

Porcentaje de carbono total capturado por las especies estudiadas.



Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Análisis e interpretación.

En la tabla 12 y figura 20, se aprecia los resultados sobre a captura de carbono total de la especie *Escallonia resinosa,* siendo mayor con 119.85 (t C/ha) a comparación con la especie *Escallonia myrtilloides* que obtuvo 32.09 (t C/ha).

En la figura 21, se evidencia que la especie *Escallonia resinosa* obtuvo mayor cantidad de captura de carbono total con 78.88 % y la especie *Escallonia mytilloides* obtuvo 21.12 %.

Tabla 13

Descripción estadística del carbono total (t C/ha) capturado por las especies estudiadas.

Detalle		Especies			
		Escallonia resinosa		***Escallonia myrtilloides***	
		Estadístico	**Error estándar**	**Estadístico**	**Error estándar**
Promedio		1.7629	0.31826	0.725	0.05521
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1.1277		0.623	
	Límite superior	2.3982		0.5827	
Promedio recortado al 5%		1.3661		0.4129	
Valor central		1.1250		0.3250	
Varianza		6.888		0.207	
Desviación estándar		2.262442		0.45526	
Valor mínimo		0.24		0.02	
Valor máximo		19.53		2.48	
Amplitud		19.29		2.48	
Rango intercuartil		1.61		0.39	
Sesgo		5.236	0.291	2.423	0.291
Curtosis		32.811	0.574	6.983	0.574

Nota. Datos recogidos del programa SPSS.

Interpretación:

- La media del carbono total de la especie *Escallonia resinosa* es 1.76 t C/ha, presentando valores más altos de carbono en comparación con Escallonia *myrtilloides* es 0.72 t C/ha. Sin embargo, la media de *Escallonia resinosa* esta influenciada por valores atípicos, lo que eleva por encima de la mediana. En cambio, en *Escallonia myrtilloides* la diferencia entre la media (0.72 t C/ha) y la mediana (0.32 t C/ha) es

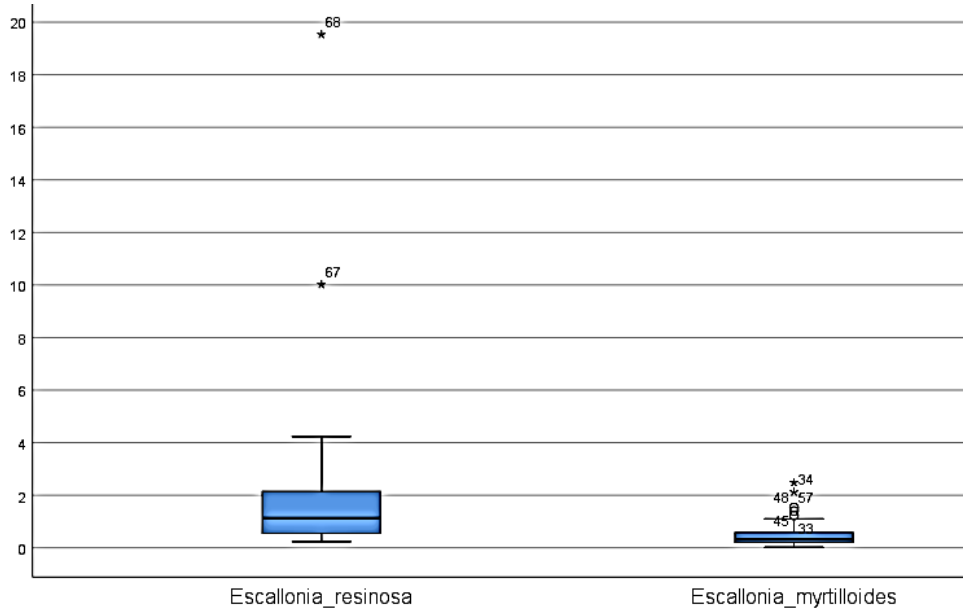
mucho menor, lo que sugiere una distribución más concentrada y menos afectada por valores extremos.

- El intervalo de confianza al 95% para la especie *Escallonia resinosa* es 1.1277 t C/ha a 2.3982 t C/ha, por lo que el valor promedio real de la población se encuentra dentro de ese rango mostrando mayor dispersión y variabilidad. En cambio, para *Escallonia myrtilloides* el intervalo de confianza al 95% es mucho más estrecho de 0.623 t C/ha a 0.5827 t C/ha, lo que refleja una mayor dispersión en la estimación y menor variabilidad.
- La media recortada al 5% es 1.36 t C/ha para la especie *Escallonia resinosa* es un valor menor que la media aritmética (1.76 t C/ha), por lo que indica que existen valores extremos altos que elevan la media real. En cambio, para *Escallonia myrtilloides* la media recortada al 5% es 0.4129 t C/ha siendo ligeramente menor que la media aritmética (0.72 t C/ha), por lo que, aunque existan valores extremos es menor su efecto.
- La mediana de la especie *Escallonia resinosa* es 1.12 t C/ha, siendo bastante menor que su media (1.76 t C/ha), lo que sugiere una distribución asimétrica hacia valores que elevan el promedio. En cambio, *Escallonia myrtilloides* la mediana es 0.32 t C/ha es menor que su media (0.72 t C/ha), lo que indica una distribución más equilibrada.
- La varianza de 6.88 $(t\ C/ha)^2$ y desviación estándar de 2.26 t C/ha de la especie *Escallonia resinosa* refleja gran variabilidad y presencia de dato muy alejados del promedio. En cambio, *Escallonia myrtilloides* tiene la varianza de 0.20 $(t\ C/ha)^2$ y la desviación estándar de 0.45 t C/ha, lo que demuestra que sus datos están mucho más concentrados alrededor de la media, con menor dispersión y mayor homogeneidad.
- El rango de la especie *Escallonia resinosa* es 19.29 t C/ha, lo que evidencia gran dispersión entre los valores más extremos y confirma la presencia de datos alejados entre sí. Por lo contrario, de la especie *Escallonia myrtilloides* es 2.48 t C/ha indica que sus valores se encuentran en un Intervalo mucho más estrecho.

- El rango intercuartílico de la especie *Escallonia resinosa* es 1.61 t C/ha, lo que indica que la mayor parte de sus datos centrales están relativamente separados mostrando cierta variabilidad dentro del grupo. En cambio, *Escallonia myrtilloides* es 0.39 t C/ha, lo que refleja que sus valores centrales están mucho más próximos entre sí.
- La asimetría de la especie *Escallonia resinosa* 5.236, un valor positivo bastante elevado, lo que refleja una fuerte inclinación hacia la derecha, la mayoría de los datos son bajos, pero existen datos muy altos que alargan la cola de la distribución. En cambio, *Escallonia myrtilloides,* la asimetría es 2.423 siendo positiva de menor magnitud, lo que indica una distribución sesgada hacia la derecha, pero con menor influencia de valores extremos.
- La curtosis de la especie *Escallonia resinosa* es 32.811, un valor superior al de una distribución normal que se le considera 3, lo que indica una distribución fuertemente leptocúrtica con gran apuntamiento y colas pesadas, es decir la mayoría de los valores se concentran alrededor de la media, pero existen valores extremos alejados. En cambio, *Escallonia myrtilloides* presenta una curtosis de 6.983, que refleja una distribución leptocúrtica menos pronunciada.

Figura 22

Diagrama boxplot de carbono total de las especies estudiadas.



Nota. Recopilado del programa de SPSS, 2025.

Interpretación:

- En el gráfico de la caja azul de la especie *Escallonia resinosa* se observa que representa el rango intercuartílico (RIC), es decir el 50% central de los datos de carbono total de la especie *Escallonia resinosa*, Q1 esta aproximadamente en 0.5 unidades y Q3 está cerca de 2.1 unidades, la línea dentro de la caja corresponde a la mediana que está marcada a valores bajos de carbono total, lo que indica que la mayoría de los datos se concentran en niveles reducidos.
- Los bigotes muestran que la mayor parte de los valores de carbono total en la especie *Escallonia resinosa* se concentran entre aproximadamente 0.2 unidades y 4.2 unidades reflejando variabilidad moderada en datos centrales.

  Sin embargo, se observan dos valores atípicos de 67 y 68 que están por encima del resto, indicando muestras con un contenido de carbono total mucho mayor al esperado dentro de la distribución de la especie.
- En el diagrama de caja el rango intercuartílico (Q3-Q1) para la especie *Escallonia myrtilloides,* para Q1 es 0.2 unidades y para Q3 está cerca de 0.4 unidades, la mediana de la especie *Escallonia myrtilloides* se encuentra en la parte inferior de la caja, lo que sugiere que la mayoría de los datos están agrupados en valores bajos.
- Los bigotes se extienden hacia el mínimo y el máximo rango esperado, indicando que la dispersión general de los datos es pequeña en comparación con la especie *Escallonia resinosa*.

  Sin embargo, se observan varios valores atípicos de 34, 48, 45,57 y 33, que se ubican por encima del límite superior de los bigotes. Estos valores reflejan que, aunque la mayoría de individuos de la especie *Escallonia myrtilloides* presentan valores bajos y homogéneos de carbono total existen algunos valores considerablemente altos.

Dióxido de carbono equivalente capturado por las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides.*

Tabla 14

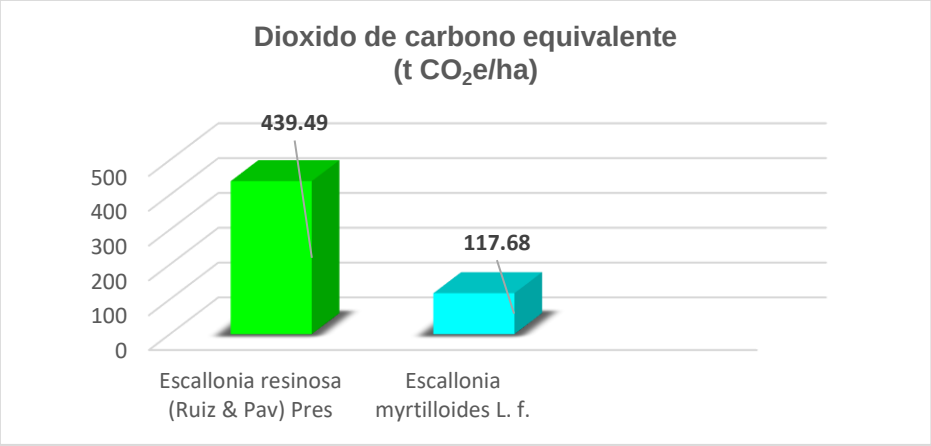
Resultados de dióxido de carbono equivalente capturado.

Nombre común	Especies forestales	Dióxido de carbono equivalente (t CO_2e/ha)	Dióxido de carbono equivalente (%)
Chachacomo	*Escallonia resinosa* (Ruiz & Pav) Pres.	439.49	78.88
Tasta	*Escallonia myrtilloides L.f.*	117.68	21.12

Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Figura 23

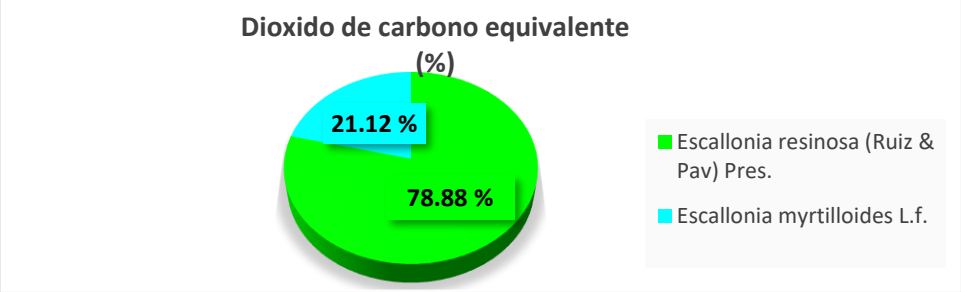
Dióxido de carbono equivalente capturado por las especies estudiadas.



Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Figura 24

Porcentaje de dióxido de carbono equivalente capturado por las especies estudiadas.



Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Análisis e interpretación.

En la tabla 17 y figura 34 se evidencia los resultados sobre la captura de dióxido de carbono equivalente por la especie *Escallonia resinosa* que obtuvo 439.49 t CO_2e/ha mientras que la especie *Escallonia myrtilloides* solo obtuvo 117.68 t CO_2e/ha.

En la figura 35 se observa que la especie *Escallonia resinosa* capturo el dióxido de carbono equivalente de 78.88 % siendo mayor que la especie *Escallonia myrtilloides* que capturo dióxido de carbono equivalente de 21.12 %.

Tabla 15

Descripción estadística de dióxido de carbono equivalente (t CO2e/ha) capturado.

Detalle		Especies			
		Escallonia resinosa		***Escallonia myrtilloides***	
		Estadístico	**Error estándar**	**Estadístico**	**Error estándar**
Promedio		6.4628	1.16707	1.7309	0.20269
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4.1333		1.3263	
	Límite superior	8.7923		2.1355	
Promedio recortado al 5%		5.0075		1.5115	
Valor central		4.1250		1.2000	
Varianza		92.619		2.794	
Desviación estándar		9.62387		1.67145	
Valor mínimo		0.87		0.06	
Valor máximo		71.61		9.10	
Amplitud		70.74		9.04	
Rango intercuartil		5.90		1.42	
Sesgo		5.236	0.291	2.425	0.291
Curtosis		32.803	0.574	6.988	0.574

Nota. Datos recogidos del programa SPSS.

Interpretación:

- La media de la especie *Escallonia resinosa* es 6.46 t CO_2e/ha, mientras para *Escallonia myrtilloides* es 1.73 t CO_2e/ha, esto indica que en promedio los valores de la primera especie son considerablemente mayores que los de la segunda.

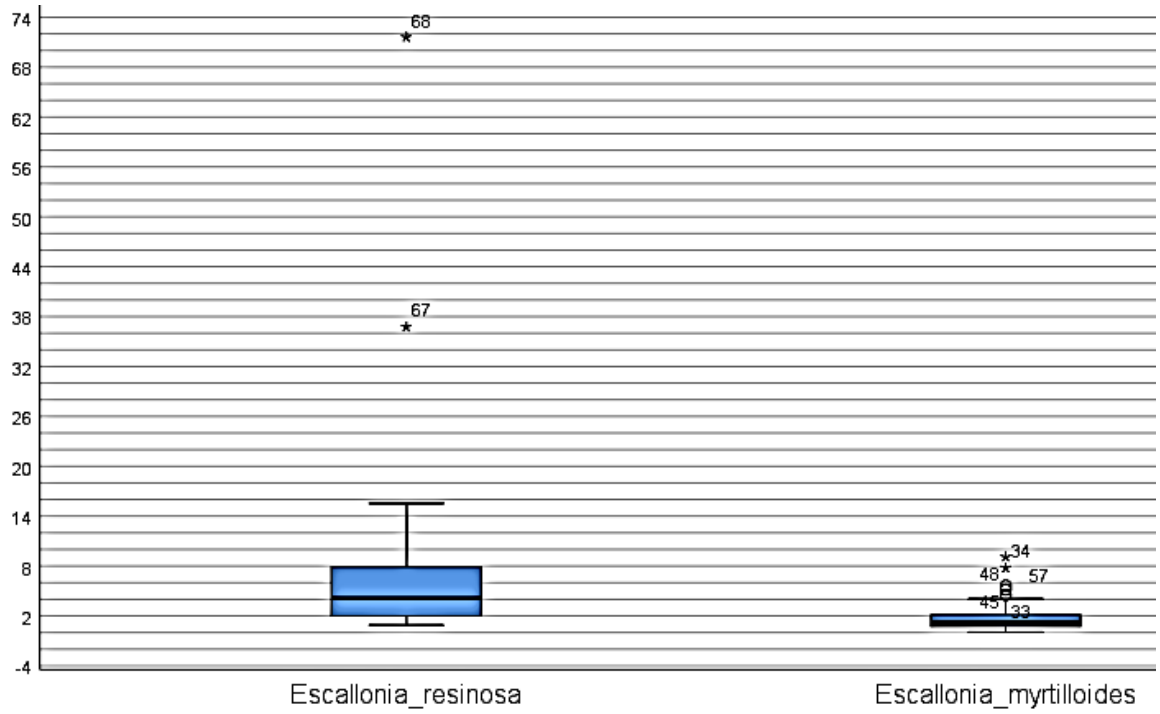
- El intervalo de confianza al 95% para la media de *Escallonia resinosa* se encuentra entre 4.13 t CO_2e/ha y 8.79 t CO_2e/ha mientras que para *Escallonia myrtilloides* el intervalo de confianza al 95% es de 1.32 t CO_2e/ha a 2.13 t CO_2e/ha, esto indica que los valores promedio de *Escallonia resinosa* son altos con un rango más amplio, lo que refleja mayor heterogeneidad en sus datos. En cambio, el intervalo de confianza al 95% de *Escallonia myrtilloides* es más estrecho y cercano a la media observada, lo que sugiere mayor homogeneidad en sus datos y menor dispersión.
- La media recortada al 5% para la especie *Escallonia resinosa* es 5.00 t CO_2e/ha que resulta menor que la media (6.46 t CO_2e/ha), lo que indica que los valores extremos altos están elevando el promedio. En cambio, para *Escallonia myrtilloides* la media recortada al 5% es 1.51 t CO_2e/ha, siendo muy cercana a su media (1.73 t CO_2e/ha), lo que sugiere que los valores extremos no tienen mucho efecto sobre el promedio.
- La mediana para *Escallonia resinosa* es 4.12 t CO_2e/ha, que resulta menor que su media (6.46 t CO_2e/ha), lo cual indica que existen algunos valores muy altos que elevan el promedio y generan una distribución sesgada hacia a la derecha. En cambio, la especie *Escallonia myrtilloides* la mediana es 1.20 t CO_2e/ha muy cercana a su media (1.73 t CO_2e/ha), lo cual refleja una distribución más simétrica y menos influenciada por valores extremos.
- La desviación estándar de *Escallonia resinosa* es bastante alta (9.62 t CO_2e/ha), lo que indica gran variabilidad en los valores con datos muy alejados del promedio reflejando una distribución heterogénea. En cambio, en *Escallonia myrtilloides* la desviación estándar es mucho menor (1.67 t CO_2e/ha), lo que muestra que los valores están concentrados alrededor de la media y existe menor variabilidad.
- El rango intercuartílico de la especie *Escallonia resinosa* es 5.90 t CO_2e/ha, lo que indica que la variabilidad en la zona central de los datos es considerablemente mayor, aunque menor en comparación con su rango total, lo que sugiere presencia de valores extremos que amplían el rango general. En cambio, *Escallonia myrtilloides* el

RIC es 1.42 t CO_2e/ha, lo que muestra que los valores son homogéneos y cercanos entre sí.

- La asimetría de la especie *Escallonia resinosa* es 5.23, un valor positivo y elevado que indica una fuerte asimetría hacia la derecha, la mayoría de los datos son bajos, pero existen valores muy altos que alargan la cola superior. Sin embargo, *Escallonia myrtilloides* presenta una asimetría (2.42), también positiva menor, lo que sugiere una distribución moderadamente sesgada a la derecha, con algunos valores altos que influyen en el promedio.
- La curtosis de la especie *Escallonia resinosa* es 32.80, un valor alto que indica una distribución con colas extremadamente pesadas y con fuerte presencia de valores atípicos.En cambio, la especie *Escallonia myrtilloides* la curtosis es 6.98, también superior a 3, lo que demuestra una distribución leptocúrtica, con datos concentrados alrededor de la media, pero con colas largas.

Figura 25

Diagrama boxplot de CO2e de las especies estudiadas.



Nota. Recopilado del programa de SPSS,2025.

Interpretación:

- En el gráfico de caja de *Escallonia resinosa* se observa que representa el rango intercuartílico, es decir la dispersión de la mitad de los datos, mientras que la línea dentro de la caja corresponde a la mediana aproximadamente de 6 unidades; los bigotes se extienden desde los cuartiles hasta los valores que se consideran dentro del rango esperado, mostrando variabilidad de los datos. El bigote superior llega alrededor de 15.8 unidades, lo que indica que la mayor parte de los datos se concentra por de ese valor. Sin embargo, se destacan dos valores atípicos marcados como extremos (68 y 67) que se reflejan considerablemente del resto representando la fuerte dispersión y asimetría observada en los estadísticos.
- En el diagrama de caja de *Escallonia myrtilloides* muestra mayor parte de los datos (50% central) está muy concentrada en valores bajos, con una mediana cercana a 1 unidad, lo que refleja una distribución bastante homogénea. Los bigotes son cortos y se extienden solo hasta valores ligeramente superiores a 4 unidades, lo que indica poca dispersión en la mayoría de los datos. Sin embargo, se observan varios valores atípicos identificados con números que se ubican por encima del rango normal, llegando hasta cerca de 9 unidades. Por lo que la distribución de *Escallonia myrtilloides* es compacta y estable existen algunos pocos datos altos que se apartan y generan una ligera asimetría hacia la derecha.

Contrastación de hipótesis

Análisis estadístico

La información obtenida durante el trabajo de campo mediante las fichas de campo, fue organizada y procesada en el programa IBM SPSS Stadistics con la finalidad de efectuar el análisis estadístico y evaluar las hipótesis propuestas. Para la prueba de normalidad se consideró como criterio de decisión que, cuando el valor de significancia $p > 0.05$ no se rechaza la hipótesis nula, indicando una distribución normal de los datos.

Mientras que los valores iguales o menores a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, por lo que los datos evidencian una distribución no normal.

Prueba de normalidad

H0: Los datos de la muestra presentan una distribución normal.

H1: Los datos de la muestra no presentan una distribución normal.

Tabla 16

Prueba de normalidad de variables estadísticas.

	Kolmogórov-Smirnov		
	Estadístico	**Gl**	**Sig.**
Biomasa aérea	.290	136	.000
Carbono total	.290	136	.000
CO_2 equivalente	.289	136	.000
Valoración económica	.290	136	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota***.** Datos recogidos del programa SPSS.

Interpretación:

En la tabla 16 se muestra la prueba de normalidad de Kolmogorov -Smirrov, esta última siendo utilizada para valores mayores a 50 unidades, donde p es el valor de significancia. Para las cuatro variables estadísticas (biomasa aérea, carbono total y dióxido de carbono equivalente y valoración económica), el valor de significancia p es menor a 0.05, siendo 0.000, por lo que se rechaza la H0 de que la distribución es normal. Según los resultados obtenidos ninguna de las variables estadísticas sigue una distribución normal en consecuencia se estableció utilizar pruebas no paramétricas para el análisis estadístico posterior.

Prueba de hipótesis

Para la verificación de las hipótesis se aplicó la prueba de U de Mann- Whitney, empleada en la comparación de dos grupos independientes. La interpretación de los resultados se efectuó mediante la comparación del valor p con el nivel de significancia (α), por lo cual se asumió si p es menor o igual a α se rechaza la hipotesis nula, por lo que

existe diferencia significativa entre los grupos. En cambio, sí p es mayor a α se mantiene la hipótesis nula, indicando ausencia de diferencias significativas.

Resultados de la prueba de hipótesis especifica 1

Planteamiento de hipótesis

H0: La biomasa aérea de la especie *Escallonia resinosa* es menor a comparación con la especie *Escallonia myrtilloides,* por lo que no contribuye a una significativa captura de carbono en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco-Limatambo, Cusco-2025.

H1: La biomasa aerea de la especie *Escallonia resinosa* es mayor a comparaciòn con la especie *Escallonia mytilloides*, por lo que contribuye a una significativa captura de carbono en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco-Limatambo, Cusco-2025.

Tabla 17

Pruebas no paramétricas.

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	**Prueba**	$Sig.^{a,b}$	**Decisión**
1	La distribución de biomasa aérea es la misma entre categorías de especies.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.000	Rechace la hipótesis nula.

a. Se muestran significaciones asintóticas.
b. El nivel de significación es de .050.

Nota. Datos recogidos del programa SPSS.

Interpretación:

Para la prueba de hipótesis especifica 1 se aplicó la prueba U de Mann – Whitney con un nivel de confianza al 75%, se obtuvo el resultado del valor de p = 0.000 lo que significa que $p < 0.001$, teniendo en cuenta que el valor de α = 0.05, $p < 0.05$, por lo que se rechaza la H0 y se acepta la H1 planteada por el investigador. Este resultado confirma que la biomasa aérea por la especie *Escallonia resinosa* con 239.70 t/ha es mayor a comparación con la especie *Escallonia myrtilloides* con 64.18 t/ha.

Resultados de la prueba de hipótesis especifica 2

Planteamiento de hipótesis

H0: La especie *Escallonia resinosa* presenta una menor capacidad de captura de carbono total en comparación con la especie *Escallonia myrtilloides,* por lo que no constituye un importante sumidero de carbono en el Área de Conservación Privada Misquiyaco-Limatambo, Cusco, 2025.

H2: La especie *Escallonia resinosa* presenta una mayor capacidad de captura de carbono total en comparación con la especie *Escallonia myrtilloide*s, por lo que constituye un importante sumidero de carbono en el Área de Conservación Privada Misquiyaco-Limatambo, Cusco, 2025.

Tabla 18

Pruebas no paramétricas.

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	$Sig.^{a,b}$	Decisión
1	La distribución del carbono total es la misma entre categorías de especies.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.000	Rechace la hipótesis nula.

a. Se muestran significaciones asintóticas.
b. El nivel de significación es de .050.

Nota. Datos recogidos del programa SPSS.

Interpretación:

Para la prueba de hipótesis especifica 2 se aplico la prueba U de Mann- Whitney, con un nivel de confianza del 95 %, se obtuvo el resultado del valor de p = 0.000, lo que significa que $p < 0.001$, teniendo en cuenta que el valor de $\alpha = 0.05$, $p < 0.05$ por lo que se rechaza la H0 y se acepta la H2 planteada por el investigador, se concluye que hay diferencias significativas entre las distribuciones de la variable. Este resultado confirma que

la especie *Escallonia resinosa* con 119.85 t C/ha presenta una mayor capacidad de captura del carbono total que la especie *Escallonia myrtilloides* 32.09 t C/ha.

Resultados de la prueba de hipótesis especifica 3

Planteamiento de hipótesis

H0: La especie *Escallonia resinosa* captura menor cantidad de dióxido de carbono equivalente a comparación con la especie *Escallonia myrtilloides*, por lo que no favorece la valoración económica de la captura de carbono en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025.

H3: La especie *Escallonia resinosa* captura mayor cantidad de dióxido de carbono equivalente a comparación con la especie *Escallonia myrtilloides*, por lo que favorece la valoración económica de la captura de carbono en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025.

Tabla 19

Pruebas no paramétricas.

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.[a,b]	Decisión
1	La distribución dióxido de carbono equivalente es la misma entre categorías de especies.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.000	Rechace la hipótesis nula.

a. Se muestran significaciones asintóticas.

b. El nivel de significación es de .050.

*Nota***.** Datos recogidos del programa SPSS.

Interpretación:

Para la prueba de hipótesis especifica 3 se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, con un nivel de confianza del 95% y se obtuvo como resultado del valor de p = 0.000 lo que significa que $p < 0.001$, teniendo en cuenta que el valor de $\alpha = 0.05$, $p < 0.05$ por lo que se rechaza la H0 y se acepta la H3 planteada por el investigador. Este resultado confirma

que la especie *Escallonia resinosa* capturo 439.49 t CO_2e/ha siendo mayor cantidad de dióxido de carbono equivalente que la especie *Escallonia myrtilloides* con 117.68 t CO_2e/ha.

Resultado de la valoración económica de la captura de carbono por el precio social establecido en el mercado voluntario por el MEF-Perú 2024.

Tabla 20

Valoración económica del CO2e capturado para las especies estudiadas.

Especie	Ve = t CO_2e/ha * Precio social MEF-Perú (dólares)	Valor económico ($)	Valor económico (%)	Cambio a Nuevos Soles ($ 1 = 3.50 S/.)
Escallonia resinosa	Ve = 439.49 * $ 30	13,184.70	78.88	1,538.22
Escallonia myrtilloides	Ve = 117.68 * $ 30	3,530.40	21.12	411.88
	Total	16,715.10	100	1,950.10

*Nota***.** Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Figura 26

Valoración económica de las especies Escallonia resinosa y Escallonia myrtilloides.



Nota. Elaboración del investigador con base en datos de campo, 2025.

Interpretación:

En la tabla 20 y figura 26 se muestra que la valoración económica es resultado de la multiplicación de la sumatoria del dióxido de carbono equivalente (t CO_2e/ha) por el precio social del carbono establecido por el MEF - Perú del año 2024, donde el valor del precio por t CO_2e es de $ 30.

Por lo que, según los resultados la valoración económica de la especie *Escallonia resinosa* es mayor con $ 13,184.70 que la especie *Escallonia myrtilloides* con un $ 3,530.40 La sumatoria de la valoración económica de la *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* fue de $ 16,715.10.

Posteriormente se realizó el cambio de moneda de dólares a nuevos soles (moneda nacional) para lo cual se consideró el cambio de moneda actual en el mercado siendo 1 dólar igual a 3.50 nuevos soles. La especie *Escallonia resinosa* con 439.49 t CO_2e/ha, con un valor económico de $ 13,184.70 y en moneda nacional 1,538.22 nuevos soles, mientras la especie *Escallonia myrtilloides* con 117.68 t CO_2e/ha, con un valor económico de $ 3,530.40 y en moneda nacional 411.88 nuevos soles. La suma de la valoración económica de la especie *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* en moneda nacional resulta un total de 1,950.10 nuevos soles.

Resultados de la prueba de hipótesis general

Planteamiento de hipótesis

Ha: Es mayor la valoración económica de la captura de carbono por la especie *Escallonia resinosa* en el mercado voluntario por el MEF-Perú que la especie *Escallonia myrtilloides*, por lo que contribuye a la conservación y preservación del ACP Misquiyaco.

H0: Es menor la valoración económica de la captura de carbono por la especie *Escallonia resinosa* en el mercado voluntario por el MEF-Perú que la especie *Escallonia myrtilloides*, por lo que contribuye a la conservación y preservación del ACP Misquiyaco.

Tabla 21

Pruebas no paramétricas

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	**Prueba**	**Sig.**^{a,b}	**Decisión**
1	La distribución de Valoración económica es la misma entre categorías de especies.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.000	Rechace la hipótesis nula.

a. Se muestran significaciones asintóticas.
b. El nivel de significación es de .050.

Nota. Datos recogidos del programa SPSS.

Interpretación:

Para la prueba de hipótesis general se aplicó la prueba de U de Mann- Whitney, con un nivel de confianza del 95% y con un resultado del valor de p = 0.000, lo que significa que $p < 0.001$, teniendo en cuenta que el valor de $\alpha = 0.05$, $p < 0.05$ por lo que se rechaza la H0 y se acepta la Ha planteada por el investigador. Dicho resultado evidencia que es mayor la valoración económica de la captura de carbono por la especie *Escallonia resinosa* con $ 13,184.70 que la especie *Escallonia myrtilloides* con $ 3,530.40, lo que contribuye a la conservación y preservación del ACP Misquiyaco.

5.2. Discusión

En relación al primer objetivo específico "Calcular la cantidad de biomasa aérea de las especies *Escallonia mytilloides y Escallonia resinosa* del Área de Conservación Privada de Misquiyaco- Limatambo – Cusco, 2025".

Se realizó como primer paso el cálculo de la biomasa aérea de las especies en estudio, debido a que constituye un aspecto clave en la estimación del carbono capturado por las especies evaluadas.

Los resultados obtenidos en la presente investigación de la prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov donde el valor de significancia para las cuatro variables estadísticas es 0.000, siendo $p < 0.05$ por lo que se rechaza la H0 y se acepta la H1 del investigador.

Posteriormente, se realizó la prueba no paramétrica de U de Mann Whitney con un nivel de confianza del 95% con un resultado del valor de significancia de 0.00, donde el valor de $\alpha = 0.05$, $p < 0.05$, por lo que se rechaza la H0 y se acepta la H1 planteada por el investigador. Según los resultados de la sumatoria total de la estimación de la biomasa aérea la especie *Escallonia resinosa* es mayor con 239.70 t/ha en comparación con la especie *Escallonia myrtilloides* con 64.18 t/ha.

Según West et al (1997) la acumulación de la biomasa está controlada por las relaciones estructurales entre diámetro, altura y volumen, por lo que las especies con mayor desarrollo estructural tienen a presentar una mayor biomasa aérea. Por ende, la mayor biomasa registrada en la especie *Escallonia resinosa* concuerda con los principios alometricos.

Por otra parte, Justo & Laurente (2020) obtuvo el resultado de la biomasa aérea de *Alnus acuminata Kunth* un promedio de 13.35 t/ha y para *Escallonia resinosa* un promedio de 16.31 t/ha. Por otro lado, Aragón & Martínez (2022) obtuvo el resultado de la biomasa aérea de *Polylepis incana* con 52.41 t/ha y *Escallonia resinosa* con 1.28 t/ha. Esto debido

a que en el estudio de Justo y Laurente se estableció cuatro parcelas de 2 500 m^2 para la especie *Alnus acuminata Kunth* y para la especie *Escallonia resinosa* se estableció 3 parcelas 2 500 m^2 en un área de 1.75 ha. Este resultado se debe a que Justo y Laurente realizó un inventario de los individuos vivos en 7 parcelas de 2 500 m^2 donde estimo CAP y biomasa del fuste utilizando el método directo o destructivo en las zonas de vida del bosque seco montano bajo tropical y bosque húmedo montano tropical. A comparación con el presente estudio que estimo la CAP y para la estimación de la biomasa del fuste utilizó el método indirecto en las zonas de vida del bosque húmedo montano subtropical y el páramo pluvial subalpino subtropical. Sin embargo, los resultados de Aragón & Martínez en el vivero forestal del Parque Arqueológico de Sacsayhuamán realizó mediciones de CAP y altura total mediante el método indirecto evaluó 378 individuos de *Polylepis incana* y 106 individuos de *Escallonia resinosa* dentro de un área de 0.5 ha.

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran un valor de biomasa aérea para *Escallonia resinosa* de 207 t/ha en el bosque montano subtropical, el cual supera al reportado por Aragón & Martínez en el Parque Arqueológico de Sacsayhuamán (1.28 t/ha), esta diferencia se debe a las condiciones que presenta el bosque montano subtropical debido a su clima más cálido y húmedo, lo que favorece un crecimiento más acelerado y una mayor acumulación de biomasa, además este tipo de bosques suele tener arboles de mayor porte y un dosel más desarrollado. En cambio, el parque arqueológico de Sacsayhuamán ubicado a mayor altitud en condiciones más frías y secas alberga a especies de menor talla y crecimiento más lento lo que genera una menor acumulación de biomasa.

En relación al segundo objetivo específico "Calcular la cantidad de carbono capturado por las especies *Escallonia myrtilloides* y *Escallonia resinosa* del Área de Conservación Privada de Misquiyaco- Limatambo-Cusco, 2025."

Como segundo paso, se calculó el carbono capturado por las especies en estudio, ya que es fundamental para calcular el dióxido de carbono equivalente de las especies estudiadas.

A partir de los datos de la biomasa aérea mediante el uso de ecuaciones se obtuvo los resultados del carbono capturado de las especies en estudio, para lo cual se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov en el programa SPSS, donde el valor de significancia es 0.000, siendo $p < 0.05$ por lo que se rechaza la H0 y se acepta la H2 del investigador, por lo que según los resultados la prueba no sigue una distribución normal.

Posteriormente se realizó la prueba no paramétrica de U de Mann Whitney con un nivel de confianza del 95% con un resultado del valor de significancia de 0.00, teniendo en cuanta que el valor de $\alpha = 0.05$, $p < 0.05$, por lo que se rechaza la Ho y se acepta la H2 planteada por el investigador.

Según los resultados de la suma total del cálculo de carbono total capturado en la especie *Escallonia resinosa* es mayor con 119.85 t C/ha, en cambio la especie *Escallonia myrtilloides* con 32.09 t C/ha.

Según West et al (1997) La biomasa y el metabolismo de plantas leñosas escalan de acuerdo con la estructura fractal del sistema vascular. Por lo que especies con mayor tamaño estructural tienden a acumular más biomasa y carbono.

Por otra parte, Aragón & Martínez (2022) obtuvo el carbono almacenado en *Polylepis, incana* con 0.090 t C/ha y para *Escallonia resinosa* 0.007 t C/ha. Por otro lado, Justo & Laurente (2020) obtuvo en la biomasa aérea el contenido de carbono en promedio para *Alnus acuminata Kunth* de 6.67 t C/ha y para *Escallonia resinosa* (Ruiz & Pav.) Pers de 8.15 t C/ha. Esto debido a que Aragón y Martínez obtuvo el carbono a partir de los datos recolectados de la biomasa aérea de las especies *Polylepis incana* y *Escallonia resinosa*, mientras que en la investigación de Justo y Laurente estimo el carbono promedio en cada componente de la especie *Alnus acuminata Kunth* en biomasa aérea 6.67 t C/ha, hierbas

0.73 t C/ha, necromasa 2.76 t C/ha, raíces 0.68 t C/ha y suelo 8.16 t C/ha y para la especie *Escallonia resinosa* (Ruiz & Pav.) Pers, la biomasa aérea 8.15 t C/ha, hierbas 0.32 t C/ha, necromasa 3.15 t C/ha, raíces 0.84 t C/ha y suelo 16.44 t C/ha. Siendo el carbono total almacenado en la especie *Escallonia resinosa* para las tres parcelas en promedio es 28.90 t C/ha y para la especie *Alnus acuminata Kunth* para las cuatro parcelas es en promedio es 19 t C/ha.

Sin embargo, por los resultados del carbono total del presente estudio para la especie *Escallonia resinosa* es 103.87 t C/ha valor significativamente alto a comparación de Aragón y Martínez quien obtuvo para la especie *Escallonia resinosa* 0.007 t C/Ha del Parque Arqueológico de Sacsayhuamán, aplicando igualmente el método no destructivo a partir de mediciones de CAP y altura total. Está marcada diferencia se atribuye a las condiciones ecológicas, estructurales y fisiográficas propias de cada ecosistema evidenciando la alta capacidad de captura de carbono del bosque montano subtropical frente a los ecosistemas altoandinos secos.

En relación al tercer objetivo específico "Calcular la cantidad de dióxido de carbono equivalente capturado por las especies *Escallonia myrtilloides* y *Escallonia resinosa* del Área de Conservación Privada de Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025."

El tercer paso fue calcular la cantidad de CO_2e de las especies estudiadas, ya que es imprescindible para determinar la valoración económica.

A partir de los valores del carbono total se realizó la conversión a dióxido de carbono equivalente para cada especie en estudio, para lo cual se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov en el programa SPSS, donde el valor de significancia es 0.000, siendo $p < 0.05$ por lo que se rechaza la H0 y se acepta la H3 del investigador, por consiguiente, según los resultados la prueba no sigue una distribución normal.

Posteriormente se utilizó la prueba no paramétrica de U de Mann Whitney con un nivel de confianza del 95% con un resultado del valor de significancia de 0.00, teniendo en

cuenta que el valor de α = 0.05, p $<$ 0.05, por lo que se rechaza la H0 y se acepta la H3 planteada por el investigador.

Según los resultados de la suma total del cálculo de CO_2e de la conversión a carbono capturado en la biomasa aérea de las especies estudiadas mediante el uso de fórmulas se obtuvo el valor de la especie *Escallonia resinosa* con 439.49 t CO_2e/ha y para *Escallonia myrtilloides* con un valor de 117.68 t CO_2e/ha.

Esto concuerda con IPCC (2006) que indica que el CO_2e de un árbol depende directamente de la cantidad de carbono presente en su biomasa, multiplicado por el factor de conversión de C a CO_2. Por ende, la mayor biomasa y contenido de carbono de Escallonia resinosa se refleja en un mayor secuestro de CO_2 e.

Por otra parte, Aragón & Martínez (2022) obtuvo el dióxido de carbono equivalente de *Polylepis incana* con 0.32 t CO_2e/ha y para *Escallonia resinosa* 0.02 t CO_2e/ha. Por otro lado, Justo & Laurente (2020) el dióxido de carbono equivalente fijado por *Alnus acuminata Kunth* es 69.73 t CO_2e/ha en una superficie de 21.45 Ha, fijando un total de 1 496.02 t CO_2e y para la especie *Escallonia resinosa (Ruiz & Pav) Pers*., fijo 106.06 t CO_2e/ha en una superficie de 13.4 ha fijando un total 1421.83 t CO_2. Por otro lado, Fajardo & León (2023) obtuvo la valoración económica de captura de carbono en *Alnus glutinosa* 20.91 t CO_2e; *Podocarpus sprucei* 6.60 t CO_2e, *Oreopanax ecuadorensis* 9.18 t CO_2e y *Oreocallis glandiflora* 7.48 t CO_2.

La diferencia en los resultados de carbono total es debido a que en el estudio de Aragón y Martínez es debido a la diferencia en las zonas de vida y condiciones climáticas, por otra parte, con el estudio de Justo y Laurente difiere debido a que en el estudio utilizó el método directo obteniendo el dióxido de carbono a partir del carbono total de cada componente (aérea, hierbas, necromasa, raíces y suelo). Sin embargo, en el estudio de Velásquez y Pocco a pesar que se obtuvo el dióxido de carbono a partir del carbono total de la biomasa aérea mediante el método indirecto y por parcelas los resultados son

diferentes debido a que realizó su estudio en especies diferentes a las que se realizó en la presente investigación.

En relación al objetivo general "Determinar la valoración económica de la captura de carbono en las especies *Escallonia resinosa y Escallonia myrtilloides* del Área de Conservación Privada Misquiyaco- Limatambo- Cusco, 2025".

En el último paso se calculó la valoración económica del CO_2e de las especies estudiadas, ya que necesario para la conservación y preservación del ACP Misquiyaco.

A partir de la fórmula de valoración económica que es resultado de la multiplicación del precio social del MEF por la cantidad de CO_2e para cada especie se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov, donde el valor de significancia para ambas pruebas es 0.000, siendo $p < 0.05$ por lo que se rechaza la H0 y se acepta la Ha del investigador, por lo que la prueba no sigue una distribución normal.

Seguidamente, se utilizó la prueba no paramétrica de U de Mann Whitney con un nivel de confianza del 95% con un resultado del valor de significancia de 0.00, considerando que el valor de α = 0.05, $p < 0.05$ por lo que se rechaza la H0 y se acepta la Ha planteada por el investigador.

Según los resultados obtenidos de la valoración económica de la captura de dióxido de carbono de las especies estudiadas del ACP de Misquiyaco en base al precio social del carbono del MEF - Perú de $ 30 por t CO_2e/ha el resultado confirma que es mayor la valoración económica ,de la captura de carbono por la especie *Escallonia resinosa* con $ 13,184.70 que la especie *Escallonia myrtilloides* con $ 3,530.40 siendo un total de $ 16,715.10 entre ambas especies.

Según UNECE (2021) en el informe "Monetary Valuation of the Carbon Storage and Sequestration" la valoración económica del servicio de captura de carbono se realiza a partir de la estimación de la biomasa y su conversión a CO_2e multiplicado por un costo social del carbono o precio de mercado. Por ende, respalda que la valoración económica

del servicio ecosistémico de captura de carbono se basa en mediciones de biomasa para valorar el servicio de captura de carbono.

Por su parte, Aragón & Martínez (2022) obtuvo la valoración económica para la especie *Polylepis incana* de $ 16.62 y para la especie *Escallonia resinosa* de 675.85 $ dando una sumatoria de $ 692.47. Por otro lado, Fajardo & Leòn (2023) obtuvo la valoración económica de la captura de carbono para *Alnus glutinosa* $ 261.44 *Podocarpus sprucei* $ 82.49, *Oreopanax ecuadorensis* $ 114.71 y *Oreocallis grandiflora* $ 93.45. Por otra parte, Justo & Laurente (2020) obtuvo la valoración económica para para las especies *Alnus acuminata Kunth* $ 40,851.33 y *Escallonia resinosa* $ 38,825.48.

La diferencia entre las valoraciones económicas es debido a que en el estudio de Aragón y Martínez realizó en base al precio social establecido por el MEF- Perú de $ 7.17 por t CO_2e del 2019, mientras que el presente estudio utilizo el precio social del MEF - Perú de $ 30 por t CO_2 del 2024, a diferencia de la valoración económica de Velásquez y Pocco que utilizó el precio del mercado voluntario Carbonfund de $ 12.50 por t CO_2e del año 2022, mientras que Justo y Laurente realizó la valoración económica en base al precio del mercado regulado SENDECO 2 por t CO_2e del año 2019.

Los resultados obtenidos en la valoración económica en los diferentes mercados de carbono presentan diferentes precios, debido a que el precio fijado por el MEF corresponde a un mercado voluntario dentro del ámbito nacional, mientras que los mercados de $SENDECO_2$ y Carbonfund se determinan a la función de la oferta y demanda internacional sin regulación centralizada. En consecuencia, los valores del carbono en estos mercados suelen reflejar dinámicas económicas, ambientales y sociales propias de cada plataforma lo que genera diferencia respecto al valor del MEF.

VI. Conclusiones

Se ha determinado la valoración económica de la captura de carbono en *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* del Área de Conservación Privada Misquiyaco; mediante la tabla 24 se muestran los valores obtenidos, por lo que la especie *Escallonia resinosa* obtuvo un valor económico de $ 13,184.70, siendo mayor que *Escallonia myrtilloides* con un valor económico de $ 3,530.40; la suma de las dos especies hace un valor total de $ 16,715.10. Por lo tanto, la valoración económica de *Escallonia resinosa* es mayor a *Escallonia myrtilloides,* reflejando su potencial en el servicio ecosistémico de captura de carbono, así como también la futura aplicación de la valoración económica en la toma de decisiones validando la hipótesis general 1 del presente estudio.

Se ha calculado la cantidad de biomasa aérea en las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*, obteniendo un valor de *Escallonia resinosa* de 239.70 t/ha, siendo mayor que *Escallonia myrtilloides* con 64.18 t/ha. De hecho, *Escallonia resinosa* puede llegar a alcanzar 12 m, mientras *Escallonia myrtilloides* hasta 6 m, por lo que el desarrollo y estructura de *Escallonia resinosa* influye directamente en la captura de carbono, en cambio *Escallonia myrtilloides* no solo realiza la captura de carbono, sino también la regulación hídrica y dicha especie a la actualidad se encuentra en vías de extinción sin ser evaluada por la UICN, por lo que es de gran importancia ecológica y potencial priorizar su conservación validando la hipótesis especifica 01 del estudio.

Se ha calculado la cantidad de carbono total capturado por *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*; de acuerdo con la figura 20 el valor obtenido de carbono total por *Escallonia resinosa* es 119.85 t C/ha siendo mayor que *Escallonia myrtilloides* con un valor de carbono total de 32.09 t C/ha, el carbono total se calculó mediante ecuaciones alometricas y el factor de conversión de C para bosques a partir de los datos de la biomasa aérea de las dos especies, por lo que repercute en *Escallonia resinosa* en su mayor capacidad de captura de carbono total constatando y validando la hipótesis especifica 02.

Se ha calculado la cantidad de dióxido de carbono equivalente capturado, por las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*, por lo que la especie *Escallonia resinosa* obtuvo 439.49 t CO_2e/ha siendo mayor que la especie *Escallonia myrtilloides* con 117.68 t CO_2e/ha, el dióxido de carbono equivalente se calculó a mediante el factor de conversión de C a CO_2 a partir de los datos del carbono total de ambas especies, repercutiendo en el resultado del dióxido de carbono equivalente para cada especie validando la hipótesis especifica 03.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda, considerar la valoración económica de la captura de carbono de la presente investigación para la toma de decisiones (análisis costo- beneficio, regulación ambiental, contabilidad, conciencia ambiental y diseño de políticas), así como mecanismos de financiamiento con la finalidad de que la comunidad de Misquiyaco encuentre incentivo económico en la conservación de las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides* del ACP Misquiyaco.
- Se recomienda a los propietarios del Área de Conservación Privada la instalación de tachos de segregación de residuos sólidos debido a que en el área se evidencian botellas de PET en el suelo, así mismo también tratar de restringir el pastoreo o tránsito del ganado vacuno mediante la instalación de cerco perimétrico, debido a que genera la erosión y compactación del suelo.
- Realizar la recolección de datos mediante el método indirecto para evitar la tala de las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*, asimismo, elaborar un inventario forestal que permita recolectar la información de la biodiversidad biológica, condición y características del bosque.
- Fortalecer la conservación del bosque del ACP Misquiyaco, considerando que la biomasa aérea permite estimar la capacidad de captura de carbono, además de realizar evaluaciones periódicas para monitorear las variaciones a través del tiempo.
- Se recomienda a los investigadores utilizar valores de dióxido de carbono equivalente como evidencia científica para sustentar políticas de reducción de emisiones y estrategias de mitigación del cambio climático en el Área de Conservación Privada de Misquiyaco.

VIII. Referencias

SENDECO 2. (05 de 04 de 2025). *Sistema Europeo de Negociaciòn de CO2*. https://www.sendeco2.com/es/precios-co2

Agencia Europea del Medio Ambiente. (2001). *Carbon dioxide equivalent .* Europa : EEA Glossary .

Alban, L. (16 de Enero de 2020). *Bosques Andinos y Cambio Climatico*. Comentario sobre los bosques andinos: https://www.bosquesandinos.org/proteger-y-restaurar-los-bosques-andinos-como-una-solucion-al-cambio-climatico/

Alvitres, G. (7 de Marzo de 2023). El Perú es el segundo país en América Latina en contar con una herramienta digital llamada Mapbiomas Perú que mide a nivel país la pérdida de cobertura vegetal y retroceso glaciar. *Perù ha perdido mas de 3 millones de hectareas de bosques y mitad de sus glaciares en 37 años*, pág. 1.

Aragón, G, C. I. & Martinez, C. B. D. (2022). *Valoración económica de la captura de carbono en las especies Escallonia resinosa y Polylepis incana en el vivero forestal del Parque Arqueológico de Sacsayhuamán.* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Cusco.

Arango, C. B. (2011). Sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kyoto. *Memorando de derecho*, 13-21.

Arango, S. J., Pacheco, F. C. & Vargas, M. L. (2023). Valoraciòn economica de los servicios ecosistemicos:una reviciòn sistematica. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*, 948 - 964.

Arostegui, A. & Sato, A. (1975). Estudio de las propiedades fisico mecanicas de la madera de 16 especies forestales del Perù. *Revista Forestal del Perù., 4*(1), 1-13.

Artaxo, P., Almeida-Val, V., Bilbao, B., Brando, P., Bustamante, M., Coe, M., Correa, S., Cuesta, F., Costa, M., Miralles, M. F., Salinas, N., & Silvério, D. (2021). *Capitulo 23: Informaciòn de la deforestaciòn y el cambio climatico sobre la biodiversidad, los procesos ecologicos y la adaptacion ambiental.* New York: United Nations Sustainable Development Solutions Network. https://doi.org/ 10.55161/SNTO3592

Avendaño, Q. E. V. & Urdanegui, U. I. M. (2022). *Valoración económica del servicio ecosistémico de captura de carbono de tolares (Parastrephia Lepidophylla, Parastrephia Lucida y Baccharis Tricuneata) En La Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Arequipa-Perú.* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa.

Aybar, C. (2017). *Atlas de las zonas de vida del Perù- Guia explicativa.* Lima, Perù: Servicio Nacional de Hidrologia y Meteriologia (SENAMHI): Direcciòn de Hidrologia.

Barone, L. R. & Fernàndez, J. (1983). *El mundo de la quimica. Curso Teòrico- pràctico.* Barcelona: Ediciones Ocèano S. A.

Barrena, V. A. & Llenera, P. C. (1988). Influencia de los errores de estimaciòn de la altura en el calculo del volumen. *Revista forestal del Perù, 15*(1), 1-11.

Bernal, R., Gradstein, R. S. & Celis M. (2016). *Catalogo de plantas y liquenes de Colombia.* Bogota: Universidad Nacional de Colombia.

Borda, C. E. (2019). *Contenido de carbono en la biomasa aèrea de los bosques de Polylepis flavipila (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb. Y Escallonia myrtilloides L. f., reserva paisajistica Nor Yauyos Cochas- Yauyos.* Huancayo, Perù : (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Centro del Perù .

Bosques Andinos. (2021). *Bosques andinos problematica y caracterizacion .* Perù : Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperaciòn COSUDE .

https://doi.org/https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2024/05/21/global-carbon-pricing-revenues-top-a-record-100-billion

Brown, A. (1997). *Estimating Biomass and Biomass change of tropical forests: A primer.* USA: FAO: Food and agriculture organizations of the united nations. http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.htm

Brown, S. & Lugo, A. (1984). *Biomasss of Tropical Forests .* USA : A new Stimate Based.

Buitrago, S. P. (3 de Marzo de 2022). *Perdida del bosque altoandino por procesos de paramizaciòn y cambio climatico en ecosistemas de alta montaña.* Colombia : Universidad Militar Nueva Granada . The IUCN List of Threatened Species: https://www.iunredlist.org.

Byng, J., Christenhusz, M., Fray, F. & Chase, M. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants:APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 1- 20.

Caballero, M., Lozano., S. & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climatico:una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria, 8*(10), 1-12. Extraido desde 10 de octubre del 2007 desde http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm

Cabudivo, E. C. E., Cabudivo, M. A., Quintana, V. S. & Gonzales, A. R. (2019). Secuestro de dioxido de carbono y emision de oxigeno del bosque de Puerto Almendra, Loreto, Perù. *Ciencia amazonica- Iquitos, 7*(1), 51-56. https://doi.org/DOI: http://dx.doi.org/10.22386/ca.v7i1.264

Cardenas, M. F. & Tobon, C. (2017). Contribution of occult precipitation to the water balance of paramo ecosystems in the colombian andes. *ResearchGate Article*, 4440 -4449. https://doi.org/DOI: 10.1002/hyp.11374

Chaparro, H. J. M. & Lezcano, D. M. I. (2022). Estimaciòn del contenido de carbono en la cobertura forestal de lbosque secundario del distrito de Curuguaty, Paraguay. *Rev.Soc.cient.Parag.,* *27*(2), 55-71. https://doi.org/DOI: https://doi,org/10.32480/rscp.2022.27.2.55

Confederaciòn Suiza . (2021). *Bosques andinos problematica y caracterizacion.* Perù: Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperaciòn COSUDE. https://doi.org/https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2024/05/21/global-carbon-pricing-revenues-top-a-record-100-billion

Congreso de la Republica del Perù. (1997, 17 de Junio). *Ley de Áreas Naturales Protegidas.* Diario Oficial El Peruano. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/1524.pdf

Cordova, Z. M. (2014). *Estadistica Descriptiva e interferencial.* Lima: Moshera.

Core W. T., Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (2007). *Climate Change 2007- Syntesis report.* Geneva : IPCC.

Cuñachi, G. (2014). *Manual práctico de inventario forestal.* Proyecto de Gobernanza e Implementación de Mecanismos Transparentes en la Forestería Indígena en Atalaya, Ucayali, Perú. https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3033/technical/TFL-SPD-030-12-R1-M-Manual-Practico-InventarioForestal.pdf?v=1709094994

Dauder, E., Teram, J. & Guzman, R. (2000). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista forestal Iberoamericana, 1*(1), 1-10.

Dìaz, C. M. (2016). Bonos de carbono: un instrumento en el sistema financiero internacional. *Libre empresa,* *13*(1), 11-33. https://doi.org/DOI: http://dx.doi.org/10.18041/libemp.2016.v13n1.25106

Dila, J.J., Ortecho, L. R. & Alvarez, T. A. (2020). Captura de carbono un enfoque sobre el cambio climatico y los servicios ecosistemicos en el Perù. *Revista de Investigaciòn Cientifica y Tecnologica Alpha Centauri, 1*(2), 2-14.

Direcciòn General de Programacion Multianual de Inversiones- MEF . (09 de 08 de 2024). Actualizaciòn del precio social del carbono a 30US$ / TCO2e. *Ministerio de Economia y Finanzas del Perù*.

Espìndola, C. & Valderrama, J. (2012). Huella de carbono. Parte 1: Conceptos, metodos de estimaciòn y complejidades metodologicas. *Informaciòn Tecnologica, 23*(1), 163-176. https://doi.org/ 10.4067/S0718-07642012000100017

Esquivel, G., González, M., & Morales, G. (2017). *Estimación y valoración económica del carbono almacenado en la biomasa aérea del corredor biológico de la Selva El Ocote – Cañón del Sumidero.* Centro de Investigación en Geografía y Geomática. https://doi.org/https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/317/1/2017-PEG%20-%20Estimaci%C3%B3n%20Valoraci%C3%B3n%20Econ%C3%B3mica%20Carbono%20El%20Ocote.pdf

Fajardo, V. V. A. & Leòn, S. K. M. (2023). *Valoraciòn economica de la captura de carbono de las especies Podocarpus sprucei, Oreocallis grandiflora, Alnus glutinosa y Oreopanax ecuadorensis en el ACMUS San Bartolome- SIGSIG-Ecuador.* (Tesis de pregrado). Universidad Politècnica Salesiana, Ecuador.

FAO. (1974). *Manual de inventario forestal con especial referencia a los bosques mixtos tropicales.* Roma: Organizaciòn de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentaciòn.

Food and Agriculture Organization of the United Nations . (2018). *Global Forest Resources Assessment (DRA) 2020: Terms and Definitions .* Rome : FAO .

FSC. (2016). *Bosques Cambio Climatico y el Forest Steawardship Council.* Oxapampa, Mexico: Forest for all forever.

Garcia, Z. I., Garcia, G. M., Tejedor, F. N. & Cubilla, M. M. (2024). Estimaciòn de la captura de carbono en parques urbanos dle corregimiento de RUfina Alfaro, Panama. *I +D Tecnologico, 20*(2), 75-82.

Garguillo, M. B., Kimbal, L. & Magnuson, B. (2008). *A field Guide to Plants of Costa Rica.* New York : Oxfor University Press. https://doi.org/https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/MONITOREO%20DE%20ESPECIES%20FORESTALES%20EN%20ECOSISTEMAS%20DE%20SIERRA%20DE%20LA%20REGI%C3%93N%20AYACUCHO.pdf

GEF-UNEF . (1999). *Technical advisory panel of the Global Environment Facility-United Nations Environment .* Mexico : Report of Biodiversity Conservation in Managed Forest.

Gil, M. J. E., Àlvarez, M. M. E., Sànchez, V. G. & Baca, F. J. A. (2020). Consumo de leña y estimaciones del valor calorifico de especies de plantas utilizadas por las comunidades campesinas de la cordillera de Vilcanota, Cusco. *Revista Qèuña, Sociedad botanica del Cusco., 11*(1), 41-58.

Granados, D. S., Lopez, R. G. F. & Hermandez, G. M. A. (2007). Ecologia y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Especies Forestales y del Ambiente, 13*(1), 67-83.

Hernández, R., Fernandez, C. & Bautista, M. (2014). *Metodologia de la Investigacion.* Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES.

Huayta, D.H., Nolasco, L. M., Guerra, D., Hermosa, G. J. & Quispe, M. H. (2022). Performance and physiological quality of Escallonia resinosa seeds: prospects for

their use in reforestations and restoration. *Restoratiòn Ecology, 31*(4), 1-12. https://doi.org/DOI:10.1111/rec.13848

International Carbon Action Partnership. (2025). *ICAP Allowance Prince Explorer*. Recuperado de https://icapcarbonaction.com/es/node/839

IPCC. (2003). *Intergovernmental Panel on Climate Change. Good practice guidance for land use, land- use change and forestry.* (Vol. .). Japan: Institufor Global Environmental Strategies (IGES)-IPCC.

IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.* Hayama, Japòn: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

IPCC. (2021). *Cambio climatico 2021: Un resumen para todo el mundo.* Working Group i Technical support unit.

Justo, D. J. H. & Laurente, S. M. (27 de Julio de 2020). *Valoriaciòn econòmica de la reserva de carbono de dos especies forestales en el Àrea de Conservaciòn Privada Ilish Pichacoto-Huancayo.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perù, Huancayo.

Kavanagh, B.F. & Glenn, B. S.J. (2000). *Surveying: Principles and Applications (5ta ed.).* Estados Unidos : Pearson Education.

Kennedy, J. (2024). *State of the climate 2024 Update for COP29.* USA: Word Metereological Organization.

LA REPUBLICA. (5 de Marzo de 2021). Cusco: Valle Limatambo exporta 42 toneladas de palta hass a Europa. pág. 1.

Labbate, G., Beard,S., Wlcott,J., Matthew, H., Miles, L. & Kapos, V. (2022). *Making good on the glasgow climate pact a call to action to achieve one gigaton of emissions reductions form forests by 2025.* Nairobi: United Nations Environment Programe.

Ley Nº 26834. (1997). *Ley de Àreas Naturales Protegidas.* Congreso de la Republica del Perù.

Ley Nº 28611. (2005). *Ley General del Ambiente.* Congreso de la Republica del Perù.

Ley Nº 30215. (2016). *Ley de mecanismos de retribuciòn por servicios ecosistemicos.* Congreso de la Republica del Perù .

Llacza, A., Acuña, D., Jácome, G., De la Cruz, G., Paredes, J., Bruno, J., Alvarez, E., Flores, W.,Urdaniva, F. & Sulca, B. (3 de marzo de 2021). *Escenarios climatico al 2050 en el Peru: Cambios en el clima promedio.* Lima: Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia del Perù. Recuperado de https://hdl.handle.net/20.500.12542/1470

Lozano, P. (18 de Abril de 2015). *Especies forestales arboreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador. .* Quito.: MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentaciòn y la Agricultura y IT).

Mahecha, V.G., Ovalle, E. A., Camelo, S. D. Roso, F. A. & Barrero, B. D. (2012). *Vegetaciòn en el territorio CAR: 450 especies de sus llanuras y montañas.* Corporaciòn Autonoma Regional de Cundimarca.

Martinez, J. & Bremauntz, A. F. (2004). *Cambio climatico: Una revicion desde Mèxico.* Mexico: Instituto Nacional de Ecologia.

Mateu, E. & Casal, J. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev., 1*, 3-7.

Medina, C., Medina, Y. & Bocardo, E. (2020). Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. *Bosque (Valdivia), 41*(2), 165-172. https://doi.org/DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165

Medina, R. M., Rojas, L. R., Bustamante, H. W., Loayza, C. R., Martel C.C. & Castillo, A. R. (2023). *Metodologia de la investigaciòn - Tecnicas e instrumentos de*

investigaciòn. Perù : Instituto Universitario de innovaciòn ciencia y tecnologia Inudi Peru.

MEF. (2023). *Nota Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en tipologías: Servicios de movilidad urbana, recuperación de ecosistemas forestales degradados y espacios públicos urbanos que incluyan áreas verdes.* Lima: Direcciòn General de Programaciòn Multianual de Inversiones- DGPMI.

Mena M., V. E. & Andrade C., H. C. (2021). Potencial de reducciòn de emisiones y captura de carbono en bosques y sistemas agroforestales de cacao en el Pacifico colombiano. *Revista de Biologia Tropical, 69*(4), 1252-1263. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i4.45927

Merino, A. (2012). El bosque: sumidero de carbono y fuente de energia. *Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural*, 107-119.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Washington: Island Press.

MINAM . (2009). *Plan Director de las Àreas Naturales Protegidas (Estrategia Nacional).* Lima: Unidad de Investigaciòn SERNARP.

MINAM. (2015). *Guia de inventario de la flora y vegetaciòn.* Lima: Direcciòn General de Evaluaciòn, Valoraciòn y Financiamiento del Patrimonio Natural. .

MINAM. (2015). *Manual de Campo- Ecozonas Costa y sierra- Invventario Nacional Forestal.* Lima: Proyecto Inventario Nacional Forestal y Manejo Forestal sostenible ante el Cambio Climatico en el Perù.

MINAM. (2015). *Mapa Nacional de cobertura vegetal: Memoria descriptiva.* Lima: Direcciòn General de Evaluaciòn, Valoraciò ny Financionamiento del Patrimonio Natural.

MINAM. (2016). *Guia de valoraciòn economica del Patrimonio Natural.* Lima: Programa de Asistencia Tecnica - PAT USAID/MINAM.

MINAM. (2018). *Definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perù.* Lima: Ministerio del Ambiente.

MINAM. (2019). *Inventario de gases de efecto invernadero (INGEI) 2019.* Peru: InfoCarbono.

MINAM. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perù: Memoria descriptiva. .* Lima: Direcciòn de conservaciòn sostenible de ecosistemas y especies.

MINAM. (2022). *Guia de evaluaciòn del estado de los bosques relictos antoandino, mesoandino y montano de vertiente occidental.* Lima: Ministerio del Ambiente (MINAM).

MINAM. (2023). *Cobertura y perdida del bosque humedo amazonico 2023.* Programa Bosques Perù, Lima.

Minambiente. (2020). *Ficha informativa ·4 : Los mercados de carbono. .* Bogota: MInisterio de Ambiente y desarrollo sostenible.

Ministerio de Agricultura, A. y. (2015). *Guia para la estimaciòn de absorciones de dioxido de carbono.* Madrid : Gobierno de España.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Manual de valoración económica del patrimonio natural.* Ministerio del Ambiente. https://doi.org/https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/09/MANUAL-VALORACI%C3%93N-14-10-15-OK.pdf

Mostacedo, B & Fredericksen, T. (2000). *Manual de metodos basicos de muestreo y analisis en ecologia vegetal.* Santa Cruz: El pais.

Nº29763, L. (2011). *Ley forestal y de fauna silvestre .* Congreso de la Republica del Perù.

Ñiquen, A. (16 de Enero de 2020). Programa Bosques Andinos . *Proteger y restaurar los bosques andinos como una soluciòn al cambio climatico*, pág. 1. https://www.bosquesandinos.org/proteger-y-restaurar-los-bosques-andinos-como-una-solucion-al-cambio-climatico/

ONU. (1992). Convenciòn Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climatico. (págs. 1- 26). New York: Naciones Unidas .

ONU. (1998). Protocolo de Kyoto de la Convenciòn Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climatico. *49*, págs. 1-24. New York: Naciones Unidas. https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/2231/223143421004.pdf

ONU. (2015). Acuerdo de Paris. *XXI Conferencia de las partes de la MCMUCC* (pág. 1_18). Paris: Convencion Marco Sobre las Naciones Unidas sobre el Cambio Climatico.

Ortiz, E. (4 de Enero de 2022). Nuevo Àrea de Conservaciòn Privada en Cusco:Misquiyaco. *Noticias Asociacion Amazonica- ACCA*, pág. 1. Recuperado de https://acca.org.pe/nuevo-area-de-conservacion-privada-en-cusco-el-acp-misquiyaco/

Ounban, W., Puangchit, L., y Diloksumpun, S. (2016). Development of general biomass allometric equations for Tectona grandis Linn. f. and Eucaliptus canaldulensis Dehnhplantations in Thailand. *Agriculture and Natural Resourses*, 50 (1), 48-53. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anres.2015.08.001

Pearson, T. & Brown, S. (2005). Guide de mesure et de suivi du carbone dans le forests et prairies herbeuses. *Winrock International*, 11-35.

Perez, F. L., Gamarra, R. & Sanquetta, R. C. (2022). *Valorizaciòn econòmica de la reserva de carbono del recurso arbòreo del Parque Dr. Claudio Pavetti, Asunciòn.* https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2022.junio.2401708

Pörtner, H.O., Roberts, D.C., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegria, A., Graig, M., Langsdorf, S., Loschke S., Moller, V. & Okem, A. (2022). *Summary for Policymakers.* USA: IPCC. https://doi.org/doi:10.1017/9781009325844.001.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2024). *Come hell and high water- as fires and floods hit the poor hardets, it is time for the world to step up adaptation actions.* Nairobi: Adaptation Gap Report 2024.

Ramirez, R.M. (2021). *Resoluciòn Ministerial Nº 246-2021-MINAM .* Ministerio del Ambiente .

Ramos, C. A. (2021). *Valoración económica del servicio de secuestro y almacenamiento de carbono del monte ribereño del Santuario Nacional Lagunas de Mejía Arequipa 2019.* (Tesis de pregrado). Universidad Catolica de Santa Maria, Arequipa .

Romath de la Vega, C. F. & Ramirez, H. M. (2010). *Dendrometria.* Mexico : Universidad Autonoma de Chapingo.

Rueda, F. S. (2019). *Modelo de distribuciòn de la especie Escallonia resinosa L.f .* (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Fransisco Jose de Caldas, Bogota.

Rugnitz, M. T., Chacòn, M. L. & Porro, R. (2009). *Guia para la determinaciòn de carbono en pequeñas propiedades rurales.* Lima: World Agroforestry Centre. https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/481/48101309.pdf

Ruiz, V. S. L. C. (2014). *Valoraciòn economica del secuestro de CO2 en plantaciones de 27 años de especies de Ormosia coccinea, Parkia igneiflora y Simauroba amara, en el CIEFOR-PTO. Almedra, Perù.* Iquitos: (Tesis de pregrado). Universidad de la Amazonia Peruana.

Schlegel, B., Gayoso, J. & Guerra, J. (2001). *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales.* Valdivia : Universidad Austral de Chile.

Schneider, H & Samaniego, J. (2010). *Huella del carbono en la producciòn, distribuciòn y consumo de bienes y servicios.* Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Secretaria sobre el Convenio sobre la Diversidad Biologica. . (2005). *Hndbook of the Convention on Biological Diversity Including its Cartagena Protocol on Biosafety (3er edition).* Montreal: SCBD.

SERNARP. (2013). *Àreas de Conservaciòn Regional.* Lima: Servicio de Àreas Naturales Protegidas por el Estado .

SERNARP. (2014). Àreas de Conservaciòn Privada. *Servicio Nacional de Àreas Naturales Protegidas por el Estado*, 34.

SERNARP. (2021). *Ficha tecnica del ACP (Plan Maestro) "Misquiyaco".* Lima: SERNARP.

SERNARP. (2024). *Plan Director de las Àreas Naturales Protegidas .* Ministerio de Ambiente.

Sullivan, K., Diemert, A., Cordova, C., Hoekstra, J., Haug, C., Theuer, S., Eden, A., De Clara, S., Ortiz, V., Schroeder, F. & Peon, D. (2021). *Situación y tendencias de los mercados de carbono de cumplimiento y voluntarios en América Latina.* Banco Interamericano de Desarrollo. https://greenfinancelac.org/wp-content/uploads/2021/10/201129_IDB_ComplianceVoluntary_Paper-ES-online.pdf

Tamayo & Tamayo. M. (2003). *El proceso de la investigaciòn cientifica.* Mexico: Grupo Noriega Editores. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5320/T010_72371775_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UNECE. (2021). *Monetary valuatin of the carbon storage and sequestration:Project Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services.* (Vol. 34). Naciones Unidas : United Nations Economic Commision for Europe .

United Nations, E. P. (2024). *Emissions Grap Report 2024: No more hot air ... please¡ With a massive gap between rhetoric and reality, contries draft new climate commitments.* (Vol. XXIII). USA: Nairobi. https://doi.org/DOI: https: //doi.org/10.59117/20.500.11822/46404

USAID, U. F. (2018). *Manual para muestrear la vegetaciòn en bosques, selvas, zonas aridas y semiaridas.* Mexico : BIOCOMUNI-Monitoreo comunitario de la biodiversidad, una guia para nucleos agrarios, Comisiòn Nacional Forestal -Fondo Mexicano para la conservaciòn de la Naturaleza. .

Vasquez, L. F., Cerda, A. & Orrego, S. S. (2018). *Valoraciòn Economica del Medio Ambiente.* Chile: Universidad del Desarrollo.

Velasco, H. S. (2023). *Captura de CO2 de plantaciones forestales en avenida de la cultura del distrito de San Sebastián.* (Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco.

Velasquez S. A. F. & Pocco, A. E. (2023). *Almacenamiento y valoraciòn economica del CO2 en la biomasa aèrea entre las plantaciones de Bertholletia excelsa y Mauritia flexuosa en el sector San Bernardo, Madre de Dios.* (Tesis de pregrado). Universidad San Antonio Abad del Cusco, Madre de Dios.

Ventura, N. M. (1995). *Mapa ecologico del Perù.* Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales INRENA.

West, G.B.,Brown, J.H. & Enquist, B. J. (1997). A general model for the origin of allometric scaling laws in biology. *Science, 276*(5309), 122-126. https://doi.org/doi.org/10.1126/science.276.5309.122

WGI, T. (2021). *Cambio climatico 2021: Un resumen para todo el mundo.* EE.UU.: Intergovernamental Panel on Climate Change.

Yne, J. F. (2014). *DASOMETRÌA. Apuntes de clase y Guia de actividades practicas.* Bolivia .

Zambrano, A. (2023). *La otra cara de los compromisos climaticos en el Perù.* Lima: MOCICC.

Zamorra, J. C. (1 de Octubre de 2009). Diagrama bioclimatico de zonas de vida del sistema Holdridge. *Forest Ecology and Management*, 1.

Zehnder, C., Manoylov, K., Mutiti, C.,VandeVoort, A. & Bennett,D. (2018). *Introduction to Environmental ScienceTextbook: 2da edicion.* USA: Biological Sciences Open.

Los anexos, panel fotográficos y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica delos Andes.