

# Universidad Nacional de Ingeniería

## Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

**Valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> en plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental

Elaborado por

Jharison Brinkley Vidal Heidinger

 0000-0001-6842-6153

Asesor

MSc. Pedro Melitón Ramos Matías

 0000-0001-6821-1427

LIMA – PERÚ

2023

---

Citar/How to cite	Vidal Heidinger [1]
Referencia/Reference	[1] J. Vidal Heidinger, “ <i>Valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> en plantaciones de eucalipto (Eucalyptus globulus Labill) y aliso (Alnus acuminata) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco</i> ” [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

---



---

Citar/How to cite	(Vidal, 2023)
Referencia/Reference	Vidal, Jharison. (2023). <i>Valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> en plantaciones de eucalipto (Eucalyptus globulus Labill) y aliso (Alnus acuminata) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

---

### ***Dedicatoria***

*A mis padres, Joel y Lidia, que me forjaron en este largo camino;  
a mis abuelitos Dionisio, Donatila y Catalina;  
a mi tío Maco, que estuvo siempre apoyándome en todo aspecto;  
a mis tías Judit, Eladia, Ketty, mis primos Dextre y toda mi familia.*

## **Agradecimientos**

Al MSc. Pedro Ramos por su asesoramiento constante y acertado en el desarrollo de la investigación.

A la Universidad Nacional de Ingeniería y a la Facultad de Ingeniería Ambiental, por las enseñanzas sólidas en ciencias ambientales.

A la Comunidad Campesina de Jircán por permitirme realizar el trabajo de campo en su terreno comunal.

A mis padres Joel y Lidia, y a mi tío Maco por el apoyo económico y logístico en el desarrollo del trabajo de campo.

A mi primo Luis Vidal por el soporte en el trabajo de campo.

## Resumen

El trabajo de investigación tiene como objetivo general comparar los valores económicos del secuestro de CO<sub>2</sub> entre una plantación de eucalipto y un bosque de aliso ubicadas en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco. El enfoque es cuantitativo, alcance descriptivo y diseño no experimental. La población fue de 300 árboles de eucalipto y 254 de aliso, y la muestra fue de 150 árboles de cada especie.

El método aplicado es de tipo no destructivo (indirecto) a través de ecuaciones alométricas específicas para estimar la biomasa forestal de ambas especies. El trabajo de campo consistió en la medición del diámetro y la altura total de cada árbol. Posteriormente, se estimó la biomasa, el carbono y CO<sub>2</sub> secuestrado; mediante ecuaciones alométricas y fórmulas recomendadas por el IPCC. Finalmente, se calculó el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> considerando los precios del CO<sub>2</sub> establecidos en Perú, China y la Unión Europea (UE).

Como resultados, se obtuvo que el secuestro de CO<sub>2</sub> por área del eucalipto fue 685,47 tCO<sub>2</sub>/ha y del aliso, 72,57 tCO<sub>2</sub>/ha. Por consiguiente, la plantación de eucalipto (4 914,83 \$/ha – precio CO<sub>2</sub> en Perú) obtuvo un mayor valor económico que el bosque de aliso (520,33 \$/ha – precio CO<sub>2</sub> en Perú) por el secuestro de CO<sub>2</sub>.

El estudio permitirá que la comunidad campesina de Jircán conozca el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> del eucalipto y aliso con el fin de implementar proyectos de conservación y/o reforestación en el distrito a través de financiamiento de bonos de carbono con apoyo del gobierno nacional, regional y local.

Palabras clave — Secuestro de CO<sub>2</sub>, eucalipto, aliso, valor económico, bonos de carbono.

## Abstract

The general objective of the research work is to compare the economic values of CO<sub>2</sub> sequestration between a eucalyptus plantation and an alder forest located in the district of Jircán, province of Huamalies, department of Huanuco. The approach is quantitative, descriptive scope and non-experimental design. The population was 300 eucalyptus trees and 254 alder trees, and the sample was 150 trees of each species.

The method applied is non-destructive (indirect) through specific allometric equations to estimate the forest biomass of both species. The field work consisted of measuring the diameter at breast height (DBH) and total height of each tree. Subsequently, the biomass, carbon and CO<sub>2</sub> sequestered were estimated using allometric equations and formulas recommended by the IPCC. Finally, the economic value of CO<sub>2</sub> sequestration was calculated considering the CO<sub>2</sub> prices established in Peru, China and the European Union (EU).

As results, it was obtained that the CO<sub>2</sub> sequestration per area of the eucalyptus was 685.47 tCO<sub>2</sub>/ha and of the alder, 72.57 tCO<sub>2</sub>/ha. Therefore, the eucalyptus plantation (\$4,914.83/ha – price in Peru) obtained a higher economic value than the alder forest (\$520.33/ha – price in Peru) for CO<sub>2</sub> sequestration.

The study will allow the peasant community of Jircan to know the economic value of CO<sub>2</sub> sequestration from eucalyptus and alder in order to implement conservation and/or reforestation projects in the district through the financing of carbon credits with the support of the national, regional and local government.

Keywords — CO<sub>2</sub> sequestration, eucalyptus, alder, economic value, carbon credits.

## Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xiv
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Descripción del problema de investigación.....	2
1.2.1. Realidad problemática.....	2
1.2.2. Formulación del problema.....	3
1.2.3. Justificación e importancia.....	3
1.3. Objetivos del estudio.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Hipótesis.....	5
1.4.1. Hipótesis general.....	5
1.4.2. Hipótesis específicas.....	5
1.5. Antecedentes investigativos.....	6
1.5.1. Antecedentes nacionales.....	6
1.5.2. Antecedentes internacionales.....	9
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	13
2.1. Marco teórico.....	13
2.1.1. Cambio climático.....	13

2.1.2.	Efecto invernadero .....	13
2.1.3.	Biomasa forestal .....	14
2.1.4.	Descripción de la especie Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labill).....	14
2.1.5.	Descripción de la especie Aliso ( <i>Alnus acuminata</i> ) .....	14
2.1.6.	Modelos alométricos .....	15
2.1.7.	Servicios ecosistémicos .....	17
2.1.8.	Secuestro de dióxido de carbono.....	18
2.1.9.	Valoración económica de servicios ecosistémicos .....	19
2.1.10.	Mercados de carbono .....	21
2.1.11.	Instrumentos de fijación del precio del carbono .....	22
2.2.	Marco conceptual.....	23
2.2.1.	Biomasa forestal .....	23
2.2.2.	Biomasa aérea .....	23
2.2.3.	Biomasa radicular .....	23
2.2.4.	Bosque .....	24
2.2.5.	Cambio climático.....	24
2.2.6.	Deforestación .....	24
2.2.7.	Diámetro a la altura del pecho (DAP) .....	24
2.2.8.	Dióxido de carbono .....	24
2.2.9.	Dióxido de carbono equivalente.....	24
2.2.10.	Gases de efecto invernadero (GEI) .....	25
2.2.11.	Secuestro de dióxido de carbono.....	25
2.2.12.	Sumidero de carbono.....	25

2.2.13. Servicios ecosistémicos .....	25
2.2.14. Reforestación .....	25
2.2.15. Valoración económica .....	25
2.3. Marco legal.....	25
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación .....	27
3.1. Metodología de la investigación .....	27
3.1.1. Área de estudio .....	27
3.1.2. Enfoque.....	31
3.1.3. Tipo de investigación .....	31
3.1.4. Alcance .....	31
3.1.5. Población, muestra y unidad de análisis.....	32
3.1.6. Técnicas de recolección de datos.....	32
3.1.7. Instrumentos de recolección .....	33
3.1.8. Procedimiento metodológico.....	33
3.2. Resultados .....	43
3.2.1. Resultados dasométricos.....	43
3.2.2. Biomasa arbórea.....	44
3.2.3. Carbono almacenado.....	46
3.2.4. Secuestro de dióxido de carbono.....	48
3.2.5. Valor económico del secuestro de dióxido de carbono.....	49
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.....	52
4.1. Contrastación de las hipótesis .....	52
4.1.1. Contrastación de la hipótesis general .....	52

4.1.2. Contrastación de las hipótesis específicas .....	54
4.2. Análisis de resultados .....	60
4.2.1. Análisis de la biomasa, carbono y secuestro de CO <sub>2</sub> .....	60
4.2.2. Análisis del valor económico del secuestro de CO <sub>2</sub> .....	61
4.2.3. Comparación de resultados entre diferentes autores .....	62
4.2.4. Análisis de los mercados de carbono en el mundo.....	66
4.2.5. Análisis del mercado de carbono en el Perú.....	69
4.2.6. Análisis de la valoración económica de impactos ambientales en el marco del SEIA .....	73
Conclusiones.....	75
Recomendaciones .....	76
Referencias bibliográficas .....	78
Anexos .....	85

## Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Clasificación de servicios ecosistémicos .....	18
Tabla 2: Coordenadas de la plantación de eucalipto.....	28
Tabla 3: Coordenadas del bosque de aliso .....	28
Tabla 4: Diámetros y alturas promedio del eucalipto y aliso .....	43
Tabla 5: Resultados de biomasa arbórea.....	45
Tabla 6: Resultados de carbono almacenado .....	47
Tabla 7: Resultados del secuestro de dióxido de carbono .....	48
Tabla 8: Precios del CO <sub>2</sub> en Perú, China y La Unión Europea.....	50
Tabla 9: Valor económico total del secuestro de CO <sub>2</sub> con precios de diferentes países. .	50
Tabla 10: Valor económico por área del secuestro de CO <sub>2</sub> con precios de diferentes países. .....	50
Tabla 11: Diferencia entre los valores económicos del eucalipto y aliso.....	54
Tabla 12: Diferencia entre las biomásas arbóreas del eucalipto y aliso.....	56
Tabla 13: Diferencia entre el carbono total del eucalipto y aliso .....	59
Tabla 14: Comparación de investigaciones sobre eucalipto .....	63
Tabla 15: Comparación con otras investigaciones del aliso.....	65
Tabla 16: Resumen de mercados de carbono internacional .....	68
Tabla 17: Comparación del mercado de carbono internacional con el Perú.....	71

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Ubicación departamental del área de estudio. ....	27
Figura 2: Ubicación del área de estudio. ....	28
Figura 3: Diseño metodológico. ....	34
Figura 4: Caso 1 para la estimación de la altura. ....	36
Figura 5: Caso 2 para la estimación de la altura. ....	37
Figura 6: Caso 3 para la estimación de la altura. ....	38
Figura 7: Resultados del diámetro promedio del eucalipto y aliso. ....	44
Figura 8: Resultados de altura total promedio del eucalipto y aliso. ....	44
Figura 9: Biomasa del eucalipto y aliso. ....	46
Figura 10: Biomasa total por área del eucalipto y aliso. ....	46
Figura 11: Carbono almacenado en eucalipto y aliso. ....	47
Figura 12: Carbono por área almacenado en eucalipto y aliso. ....	48
Figura 13: Secuestro de dióxido de carbono en eucalipto y aliso. ....	49
Figura 14: Secuestro de dióxido de carbono por área en eucalipto y aliso. ....	49
Figura 15: Comparación del valor económico total del secuestro de CO <sub>2</sub> con precios de diferentes países. ....	51
Figura 16: Comparación del valor económico por área del secuestro de CO <sub>2</sub> con precios de diferentes países. ....	51
Figura 17: Prueba de normalidad de los valores económicos del secuestro de CO <sub>2</sub> del eucalipto y aliso. ....	52
Figura 18: Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para la hipótesis general. ....	53
Figura 19: Prueba de normalidad de las biomásas arbóreas de eucalipto y aliso. ....	55
Figura 20: Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para la H <sub>1</sub> . ....	55
Figura 21: Prueba de normalidad del contenido de carbono de ambas especies. ....	57
Figura 22: Prueba de normalidad del secuestro de CO <sub>2</sub> de ambas especies. ....	57

Figura 23: Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para el contenido de carbono. ...	58
Figura 24: Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para el secuestro de CO <sub>2</sub> . ....	58
Figura 25: Funcionamiento de un Sistema de Comercio de Emisiones (SCE). ....	69

## Introducción

El cambio climático es un problema causado por la actividad antropogénica que genera consecuencias devastadoras para el planeta. Las actividades económicas como el cambio de uso de suelo (cambio de bosques a terrenos de cultivo), transporte e industria son las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en el país.

Los servicios ecosistémicos brindados por los bosques son fundamentales para el desarrollo de la vida. Según la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005) existen cuatro tipos: aprovisionamiento, regulación, culturales y soporte. Los bosques generan el servicio de aprovisionamiento de la madera, el cual es el más conocido por las poblaciones que lo aprovechan; sin embargo, también proveen del servicio de secuestro de CO<sub>2</sub> el cual no es tangible como la madera.

El secuestro de CO<sub>2</sub> es un servicio muy importante de los bosques porque permite la regulación climática, absorbiendo el carbono y transformándolo en biomasa mediante la fotosíntesis. Este servicio beneficia la calidad de aire del ambiente y contribuye a la salud de las personas.

En la presente investigación se estima el secuestro de CO<sub>2</sub> en una plantación de eucalipto y un bosque de aliso ubicadas en el distrito de Jircán, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco. Posteriormente, se realiza la valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> mediante precios de carbono establecidos en la Unión Europea, China y el Perú.

La investigación brinda resultados que pueden ser útiles en el financiamiento de proyectos de conservación y/o reforestación mediante bonos de carbono. Estos proyectos pueden incrementar los sumideros de carbono y contribuir en la mitigación del cambio climático.

# Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

## 1.1. Generalidades

Los bosques brindan diferentes beneficios a los seres humanos, los cuales son llamados servicios ecosistémicos. El servicio más conocido de estos bosques es el referido al aprovisionamiento de la madera que es utilizada para diferentes actividades económicas; no obstante, otorgan también el secuestro de CO<sub>2</sub> debido a la fotosíntesis.

El servicio de secuestro de CO<sub>2</sub> es fundamental en la mitigación del cambio climático, por lo que es necesario saber su valor económico y considerarlo en los diferentes proyectos forestales.

Existen diferentes metodologías para valorar un servicio ecosistémico como la valoración contingente, precios hedónicos, cambios en la productividad, etc., sin embargo, como el precio del carbono se puede obtener de mercados existentes, el método más adecuado es el denominado “precios de mercado”.

Por lo tanto, en la presente tesis, se estimó el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> en una plantación de eucalipto y un bosque de aliso utilizando los precios de carbono de la Unión Europea, China y el Perú con el fin de comparar los diferentes mercados de carbono existentes.

La metodología consistió en un trabajo de campo para obtener las variables de diámetro y altura; posteriormente se realizó las estimaciones de biomasa, carbono y CO<sub>2</sub> mediante ecuaciones alométricas específicas por especie y con fórmulas recomendadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

La investigación es un primer paso para el financiamiento de futuros proyectos de conservación y/o reforestación de bosques en comunidades campesinas mediante el comercio de bonos de carbono, lo cual contribuirá con el desarrollo económico local y el incremento de sumideros de carbono.

## **1.2. Descripción del problema de investigación**

### **1.2.1. Realidad problemática**

El cambio climático genera alteraciones en el clima en largos periodos de tiempo (más de 30 años) lo cual incide, de forma negativa, en la funcionalidad de los ecosistemas de todo el planeta. Este problema es producido por la constante emisión de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente, debido a los sectores forestal, transporte e industrial. El 47.90% de las emisiones de GEI del Perú se atribuye al sector Uso del Suelo y Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS), principalmente debido a la deforestación, con una emisión de 100 794,05 millones de tCO<sub>2</sub>e (toneladas de dióxido de carbono equivalente) en el año 2019 (MINAM, 2023).

En el Perú, la deforestación, de bosques primarios, en el año 2019, fue de 162 mil hectáreas, ubicándolo en el quinto país con más deforestación de bosques primarios en el mundo (Global Forest Watch, 2020). En el departamento de Huánuco, en el año 2018, se ha deforestado 16 560 hectáreas, y en el distrito de Jircán se ha perdido un total de 444 hectáreas de bosques primarios en el periodo de 2001 a 2018 (GEOBOSQUE, 2020), lo que genera la pérdida del servicio ecosistémico de secuestro de dióxido de carbono.

Por ello, las plantaciones de eucalipto y aliso son una alternativa para la reforestación y captura de dióxido de carbono. El eucalipto es una especie exótica que se adapta fácilmente en las zonas andinas y presentan un rápido crecimiento con un incremento medio anual (IMA) en volumen de 10 m<sup>3</sup>/ha (FAO, 1981). El aliso, por su parte, es una especie nativa de los andes peruanos que crece naturalmente en la zona de estudio, por lo que es necesario conocer su capacidad de secuestro de CO<sub>2</sub>.

En el distrito de Jircán, ubicado a una altitud de 3200 m.s.n.m, no se ha realizado ningún estudio acerca del secuestro de dióxido de carbono que poseen las plantaciones de eucalipto ni del aliso, a pesar de que significan un potencial de inversión en proyectos de reforestación y conservación, a través de los bonos de carbono.

### **1.2.2. Formulación del problema**

¿Existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> de una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco?

### **1.2.3. Justificación e importancia**

La presente investigación brinda una comparación de la estimación al valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> entre una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco, con el fin de conocer qué especie forestal captura mayor CO<sub>2</sub>. Como consecuencia de dicha estimación, los resultados de CO<sub>2</sub> secuestrado y su valor económico servirán como insumo principal, a la Municipalidad Distrital de Jircán, Municipalidad Provincial de Huamalíes y al Gobierno Regional de Huánuco en la obtención de financiamiento, a través de bonos de carbono, para desarrollar proyectos de reforestación y conservación de bosques naturales de aliso y de plantaciones sostenibles de eucalipto.

Los resultados también pueden aplicarse en la valoración económica de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) para los proyectos de inversión que impacten sobre especies de eucalipto y aliso.

Para la definición del área de estudio se realizó una revisión de los lugares donde se desarrollan ambas especies, donde se identificó a las regiones de Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín y Pasco. Estas regiones se caracterizan por encontrarse en zonas andinas con precipitación frecuente que posibilitan el recurso hídrico, sin embargo, no en todas se cuenta con la disponibilidad del acceso al territorio donde se encuentra dichas especies. Posteriormente, se seleccionó a la región Huánuco y específicamente el distrito de Jircán porque presenta cuatro factores idóneos para la investigación.

El primer factor es la gran disponibilidad hídrica, el distrito cuenta con 2 lagunas (Mancacocha y Sequiacocha) las cuales generan una quebrada cada una, además, cuenta

con un manantial que genera otra quebrada, todas las quebradas desembocan en el río Marañón.

El segundo factor es la altitud, el distrito se encuentra a 3200 msnm lo que facilita el crecimiento del aliso, que se desarrolla entre los 3000 a 3800 msnm, y el eucalipto que se desarrolla entre 1400 a 3800 msnm (MINAM, 2019b).

El tercer factor se refiere a las condiciones meteorológicas porque se encuentra en el clima de tipo B (r) B' de tipo lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año, lo que permite una temperatura y precipitación ideal para ambas especies.

El último factor es la accesibilidad, el área de estudio tiene facilidad de acceso a los bosques y plantaciones de Jircán, porque se administra mediante la Comunidad Campesina de Jircán quienes facilitan el trabajo de campo en su territorio.

En el distrito de Jircán, se tiene escaso conocimiento acerca de las potencialidades del secuestro de dióxido de carbono que posee la plantación de eucalipto y aliso debido a que es un servicio de regulación climática que no se percibe de forma directa como el servicio de aprovisionamiento. Sin embargo, la valoración del secuestro de dióxido de carbono, en términos monetarios, permitirá que el distrito de Jircán ponga en valor sus bosques naturales de aliso con el fin de frenar la deforestación de esta especie nativa; y promover que las plantaciones de eucalipto y aliso se realicen de forma sostenible y signifiquen fuente de ingresos a través de los bonos de carbono.

La tesis contribuye al cumplimiento del objetivo de desarrollo sostenible N° 13, denominado acción por el clima, dirigida a adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (ONU, 2018), debido a la captura de carbono de las especies forestales en estudio. En consecuencia, el valor económico del dióxido de carbono será un insumo importante en la gestión de las plantaciones de eucalipto y aliso como sumideros de carbono en el distrito de Jircán, lo cual contribuyen en la mitigación de los efectos del cambio climático.

### **1.3. Objetivos del estudio**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Comparar la valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> entre una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia de Huamalíes, departamento Huánuco.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Estimar la biomasa existente en una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.
- b) Estimar el carbono y CO<sub>2</sub> secuestrado en una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.
- c) Estimar el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> en una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

### **1.4. Hipótesis**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

- H<sub>a</sub>: Existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> en una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.
- H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> en una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- H<sub>a1</sub>: La cantidad de biomasa arbórea de la plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) es mayor que del aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

- $H_{01}$ : La cantidad de biomasa arbórea de la plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) no es mayor que del aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.
- $H_{a2}$ : La cantidad de carbono y  $CO_2$  secuestrada por la plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) es mayor que la secuestrada por el aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.
- $H_{02}$ : La cantidad de carbono y  $CO_2$  secuestrada por la plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) no es mayor que la secuestrada por el aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

## **1.5. Antecedentes investigativos**

### **1.5.1. Antecedentes nacionales**

Villacis (2012), en su tesis de pregrado, estimó la captura de carbono de las especies de aliso (*Alnus acuminata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la localidad de Florida Pomacochas, provincia de Bongará, departamento de Amazonas. La muestra en estudio fue de 4 subparcelas de 625 m<sup>2</sup> cada una, ocupando un área total de 2500 m<sup>2</sup> para el aliso, y de forma similar para el eucalipto.

El trabajo de campo consistió en la medición del DAP y altura de 168 árboles de eucalipto y 306 de aliso. Entre las mediciones de DAP, se obtuvo, para el eucalipto, una medición mínima de 5cm y una máxima de 65,45 cm, y la altura mínima fue de 4,08 m y la máxima de 23,36 m. Por otro lado, para el aliso, se obtuvo un DAP mínimo de 5,4 cm y un máximo de 45,1 cm; a su vez, la altura total mínima fue de 8,03 m y la máxima de 16,32 m.

El método utilizado fue mediante ecuaciones alométricas generales, para la biomasa arbórea se aplicó la ecuación de Brown de 1997. Como resultado, obtuvo que el almacenamiento de carbono fue 14,89 t/ha para el aliso y 22,69 t/ha para el eucalipto.

Aquino Flores (2013), en Huancayo, realizó, en su tesis de pregrado, la estimación de captura de carbono del *Alnus acuminata* H.B.K. según clases diamétricas en bosques naturales del distrito de Quilcas, Huancayo. Su tesis, se basó en un método no experimental de tipo destructivo, que consistió en codificar, cortar y clasificar las partes

(fuste, ramas y follaje) de 30 árboles distribuidos en 5 clases diamétricas, mediante un muestreo preferencial.

Posteriormente, calculó el peso seco de las muestras en un horno, con las cuales determinó las ecuaciones alométricas en función del DAP para la biomasa aérea, radicular y total con un coeficiente de determinación de 0.97. Las ecuaciones determinadas para los diversos componentes del árbol fueron los siguientes: para el carbono de todo el árbol fue  $X=0.0615Y^{2.3136}$ , carbono aéreo  $X=0.0448Y^{2.3474}$ , carbono bajo el nivel de suelo  $X=0.0181Y^{2.1732}$ , biomasa de todo el árbol  $Y=0.1196X^{2.314}$ , biomasa aérea  $Y=0.0871X^{2.3479}$ , y biomasa radicular  $Y=0.0353X^{2.1732}$ .

La investigación obtuvo como resultado que el carbono que captura el *Alnus acuminata* H.B.K. para un DAP de 10 cm fue 12.66 kg de carbono, para un DAP de 20 cm fue de 62.94 kg, para un DAP de 30 cm fue 160.82 kg, para un DAP de 40 cm fue 312.90 kg y para un DAP de 50 cm fue 524.34 kg de carbono.

Ucañay (2014), en Iquitos, en su tesis de pregrado, realizó la valoración económica del secuestro del CO<sub>2</sub> de la especie forestal *Parkia* sp. "pashaco" de 6, 22 y 27 años. La metodología fue de tipo no destructiva que consistió en la aplicación de ecuaciones para calcular la biomasa aérea y radicular, posteriormente calculó el contenido de carbono y dióxido de carbono para determinar finalmente su valor económico según el Sistema europeo de negociación de CO<sub>2</sub> (SENDECO2).

Los resultados indicaron que la parcela de 27 años presentó mayor valor económico con US\$ 1 421,41/ha, sin embargo, en la parcela de 22 años y en la parcela de 6 años obtuvieron menor valor económico de US\$ 643,05/ha y US\$ 25,21/ha, respectivamente. Finalmente, el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> de las plantaciones de *Parkia* sp. de 27; 22 y 6 años resultó un total de US\$ 2 089,67/ha.

Ucañay concluyó que el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> en plantaciones de *Parkia* sp. "pashaco" está influenciado de forma directa por la edad de las plantaciones, es decir, a mayor edad de las plantaciones, mayor será el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub>.

Cárdenas (2016), en su tesis doctoral, determinó el secuestro de carbono de los bosques de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y pino (*Pinus radiata*) en los distritos de Cátac, Huaraz y Marcará de las provincias de Recuay, Huaraz y Carhuaz, departamento de Ancash. La plantación forestal en Cátac, fue de 30,39 ha de eucalipto y 1,82 ha de pino.

La plantación de eucalipto en Cátac fue de 15 años y se localizó en pendiente moderadamente empinada, en cambio el pino se localizó en una colina intermedia. En la ciudad de Huaraz, la plantación de pino fue de 16,45 ha y en el distrito de Marcará, la muestra de eucalipto evaluada fue de 2,08 ha. Para la estimación de la biomasa aérea se aplicó la ecuación alométrica general de (Brown, 1997) y para la biomasa subterránea se usó el factor de 0,30 respecto de la biomasa aérea.

Posteriormente, estimó el carbono forestal considerando el factor de 0,45 respecto de la biomasa total. Además, analizó muestras de suelo en el laboratorio para determinar el contenido de carbono orgánico en suelo. Como resultados, obtuvo que el carbono almacenado en la biomasa aérea para el eucalipto fue de 73,33 tC/ha en Cátac y 74,85 tC/ha en Marcará; a su vez, para el pino fue 81,69 tC/ha en Cátac y 107,25 tC/ha en Huaraz.

Respecto al carbono en la biomasa subterránea para el eucalipto resultó 21,98 tC/ha en Cátac y 22,43 tC/ha en Marcará; por su parte, el pino obtuvo 13,10 tC/ha en Cátac y 17,18 tC/ha en Huaraz. Finalmente, el carbono orgánico en suelo a una profundidad entre 0 y 0,50 m en los bosques de eucalipto fue 155,771 tC/ha en Cátac y 63,86 tC/ha en Marcará; por otro lado, en los bosques de pino se obtuvo 105,60 tC/ha en Cátac y 109,28 tC/ha en Huaraz.

Alfaro (2017), en su tesis de maestría, tiene como objetivo determinar la captura de carbono en rebrotes de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) en el caserío de Motil, distrito Agallpampa, provincia Otuzco, departamento La Libertad. El autor utilizó el método destructivo en parcelas de 250 m<sup>2</sup> en 10 rodales de plantaciones de eucalipto, cuyas edades van desde los 25 a 29 años, y sus rebrotes van desde los 5 a 7 años.

La muestra fue de 40 árboles de rebrote, las cuales fueron taladas, medidas (DAP y altura) y pesadas en cada componente (madera, hojas y corteza), también se tomó

muestras de cada árbol para ser llevadas al laboratorio y realizar el análisis de humedad, densidad y contenido de carbono.

Posteriormente, determinó ecuaciones alométricas para estimar la biomasa aérea y carbono de rebrotes de eucalipto. Finalmente, determinó que la mayor biomasa aérea fue en el rodal del sector III con 79,51 t/ha y una captura de carbono de 37,39 tC/ha.

### **1.5.2. Antecedentes internacionales**

Vega-Nieva et al., (2015), en su artículo científico, propone ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa aérea y radicular del *Eucalyptus globulus* plantado y con desbroce en Galicia, España. La metodología fue el muestreo destructivo, esta consistió en separar cada componente del árbol (hojas, ramas y tronco) de una muestra de 230 árboles para la estimación de la biomasa aérea y 36 árboles para la biomasa radicular. Dichas muestras fueron llevadas al laboratorio para los análisis de pesado y secado de cada componente del árbol.

El método de obtención de las ecuaciones consistió en dos enfoques, para el primer enfoque aplicó la regresión no lineal aparentemente no relacionada (NSUR, por sus siglas en inglés). Para el segundo enfoque, usó modelos de efectos mixtos no lineales (NLME, por sus siglas en inglés). Con ello obtuvo las ecuaciones alométricas para estimar las biomasa aérea y radicular de eucalipto mediante las variables DAP y altura total del árbol.

Aguirre et al. (2017), en su artículo científico, elaboró un plan de negocios dirigido a la venta de certificados de carbono que financie un proyecto de conservación del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador para un horizonte de 10 años.

El estudio se realizó en 50 000 ha de bosque seco que posee una captura de 118,44 tCO<sub>2</sub>e/ha y se consideró un porcentaje de incertidumbre de 40% debido a las externalidades. Ello, generó 71.06 tCO<sub>2</sub>e/ha lo que resulta un total de 3 553 200 certificados de carbono, con un precio referencial de \$ 5 por certificado, dando un valor económico del servicio ecosistémico de \$ 17 766 000.

Cómo resultados, se obtuvo un VAN positivo de \$ 40 395,08, una tasa interna de retorno del 18 % y periodo de recuperación de inversión de 5 años y 8 meses, logrando

superar una tasa de descuento del 15,68% considerando el costo de oportunidad y el riesgo país, lo que significa que el proyecto es viable y permite financiar proyectos mediante los certificados de carbono.

Morjani, (2018) en España, realizó, en su tesis de máster, un análisis económico de los bonos verdes como instrumento de financiación destinado a la ejecución de proyectos que mitiguen los efectos negativos del cambio climático. La metodología consistió en una revisión bibliográfica de las emisiones de bonos verdes a nivel mundial durante el periodo 2007-2017.

Posteriormente, aplicó técnicas estadísticas descriptivas univariantes y bivariantes, y el modelo financiero CAPM con el fin de valorar el riesgo de mercado de los bonos verdes. Entre sus resultados, se encontró que el 40% de proyectos verdes se aplicaron en América y 31% en Europa. Asimismo, el importe máximo de bonos emitido fue de \$ 3 071 064 430,93 (emitido en moneda china CNY) y el 84% de los bonos verdes fueron emitidos por un periodo no superior a 10 años.

La rentabilidad, analizada con el modelo CAPM en un periodo de 5 años, para la moneda euro fue de 7.02% y para el dólar, se obtuvo una rentabilidad de 8.78%. En conclusión, los bonos verdes desempeñan un papel importante en la financiación de proyectos sostenibles debido a que proporciona un mecanismo entre los organismos que requieren inversión en proyectos verdes y de aquellos que desean invertir en este tipo de proyectos.

Aulestia-Guerrero et al. (2018), en Ecuador, en su artículo científico, tiene como objetivo determinar la fijación de dióxido de carbono del aliso (*Alnus acuminata*) y demostrar su importancia para la reforestación en sectores andinos. Para ello, determinó una muestra de 40 árboles de aliso mediante un muestreo no probabilístico.

El área de estudio se encontró en el parque Nacional Podocarpus, a 10km al sur del cantón Loja, Ecuador que se ubica a una altitud de 2 750 m.s.n.m., un clima promedio de 15°C, precipitación anual de 1 700 mm y humedad relativa entre 65 al 85%. En el trabajo

de campo, realizaron la medición del DAP y la altura. Para la estimación de la biomasa forestal utilizaron ecuaciones generales mediante volumen, densidad y factores de expansión.

Posteriormente, estimaron el carbono, considerando el 50% de la biomasa total y obtuvieron el equivalente en CO<sub>2</sub>, mediante el factor de 3,67. Entre los resultados dasométricos se observó que el DAP promedio fue de 31 cm y la altura promedio fue de 15,93 m. Finalmente, obtuvieron que la muestra de aliso de 11 años fijó 23,34 t/ha de carbono y 86,65 t/ha de dióxido de carbono.

Morales y Vásquez (2019) en Ecuador, en su tesis de pregrado, realizaron la valoración económica de la captura de CO<sub>2</sub> en las especies nativas *Podocarpus sprucei* y *Oreocallis grandiflora* en el Bosque Protector Aguarango ubicada en la provincia del Azuay de dicho país. La metodología aplicada se basó en el desarrollo de un inventario forestal con la finalidad de obtener el DAP, altura comercial y altura total de cada especie. El trabajo de campo se realizó en un área de 2082 ha, el muestreo fue de tipo aleatorio simple que se ejecutó en 3 parcelas para cada piso altitudinal, bajo de 2880 a 3019 msnm, medio de 3019 a 3109 msnm y alto de 3109 a 3320 msnm. Posteriormente, obtuvieron los resultados de área basal, volumen de árbol en pie, biomasa forestal, carbono total y CO<sub>2</sub> capturado.

Para la estimación de la biomasa aérea aplicaron la ecuación alométrica general de Higuchi y Carvallo de 1994 y para la biomasa radicular, consideraron un factor de conversión de 0.24 respecto de la biomasa aérea. Por otro lado, la estimación del carbono se realizó mediante el factor de 0.5 respecto de la biomasa seca y la captura de CO<sub>2</sub> se obtuvo multiplicando el carbono con el factor de conversión de 3.6663.

Finalmente, calcularon la valoración económica de la captura de CO<sub>2</sub> mediante dos tipos de mercado: voluntario y regulado; ambos se ejecutaron mediante el método de precio de mercado. La investigación concluye que la especie *Podocarpus sprucei* (0.045 tCO<sub>2</sub>/árbol) tiene mayor captura de carbono en comparación con *Oreocallis grandiflora* (0.03 tCO<sub>2</sub>/árbol). Respecto a la valoración económica de ambas especies, se obtuvo que en el escenario de un mercado regulado de SENDECO2 - España (1 267.466.56 USD) se

obtiene un mayor valor en comparación de un mercado voluntario de Carbonfund - USA (742 946.4 USD).

Pérez de Molas et al. (2022) en Paraguay, en su artículo científico, desarrollaron la valoración económica de la reserva de carbono del parque Dr. Claudio Pavetti ubicado en la ciudad de Asunción. El trabajo se realizó mediante un inventario forestal de los árboles con un DAP mayor a 10cm. Se identificó 94 individuos, pertenecientes a 22 especies forestales. Para la estimación de la biomasa total se aplicó la ecuación alométrica general propuesta por Sato et al, del 2015. Seguidamente, el cálculo del carbono almacenado se realizó con un factor de 0.47 respecto de la biomasa y para el CO<sub>2</sub> se aplicó la conversión estequiométrica entre la masa de carbono y CO<sub>2</sub>. Posteriormente, se aplicó el método de precios de mercado, para ello, se usó el precio de los Derechos de Emisión de la Unión Europea obtenida de la Bolsa del Sistema Europeo de Negociación de CO<sub>2</sub> (SENDECO2).

Como resultados, se obtuvo que el mayor contenido de carbono fueron de las especies *Peltophorum dubium* (54,62 t/ha), *Anadenanthera colubrina var. cebil* (23,56 t/ha), *Pterogyne nitens* (18,75 t/ha) y *Parapiptadenia rigida* (12,21 t/ha). El carbono total del parque resultó 132,47 t/ha lo que equivale a 485,74 t/ha de CO<sub>2</sub>-eq. Finalmente, el valor económico de la reserva de carbono fue de a 168,11 US\$/ha.

## Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. *Cambio climático*

Se define como el cambio de clima relacionado de forma directa o indirecta a la actividad humana, lo cual altera la composición de la atmósfera de todo el mundo. Además, este fenómeno se adiciona a la variabilidad natural del clima que es observada durante períodos de tiempo comparables (ONU, 1992).

El IPCC (2018), por su parte, define al cambio climático como la variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, las cuales persisten durante períodos prolongados que pueden ser décadas o más. Esta variación puede ser de origen natural, debido a las modulaciones de los ciclos solares y las erupciones volcánicas, o pueden ser de origen antropogénico por la excesiva emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

#### 2.1.2. *Efecto invernadero*

Es el proceso natural que permite mantener la temperatura adecuada para la vida en el planeta Tierra. El proceso comienza con el ingreso de radiación solar de alta energía (longitud de onda corta) al planeta conformada por luz visible y radiación ultravioleta, de los cuales, el 30% es reflejado al espacio, el 20% es retenido por la atmósfera y el 50% llega a la superficie terrestre. Posteriormente, la superficie terrestre transforma la radiación de alta energía a baja energía (longitud de onda larga), la cual es reflejada hacia la atmósfera.

Dicha energía comprende la radiación infrarroja que es retenida por los gases de efecto invernadero y permite el calentamiento de la atmósfera hasta lograr, en promedio, 15°C. Entre los principales gases de efecto invernadero se tienen el dióxido de carbono, el vapor de agua y el metano; sin la presencia de estos gases, la temperatura media de la

tierra sería del orden de  $-15^{\circ}\text{C}$  lo cual no permitiría la vida en el planeta (Caballero et al., 2007).

### **2.1.3. Biomasa forestal**

La biomasa forestal o arbórea se define como la cantidad total de materia orgánica vegetal sobre el suelo y por debajo de los árboles, expresada como toneladas secas en un área determinada. Por otro lado, la densidad de biomasa es aquella biomasa expresada como masa por unidad de área, por ejemplo, toneladas por hectárea (Brown, 1997). La biomasa forestal, según la FAO (2012), puede dividirse en dos partes:

**Biomasa aérea:** Se refiere a la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, incluyendo tronco, tocón, corteza, ramas, semillas y hojas.

**Biomasa radicular:** Se refiere a la biomasa que se encuentra en las raíces vivas, es decir, la materia vegetal ubicada por debajo del suelo.

### **2.1.4. Descripción de la especie Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill)**

El eucalipto, con nombre científico *Eucalyptus globulus* Labill, pertenece a la familia Myrtaceae. Es originario de Australia, pero está distribuido en diversos departamentos del Perú como Huánuco, Cusco, Junín y Cajamarca.

Es un árbol perennifolio que alcanza alturas entre 30 y 50 metros con un tronco derecho y macizo (Di Marco, 2015). La corteza es de tipo áspera, gris y persistente en la base; en la parte superior es lisa. La madera es color pardo amarillenta con textura abierta.

Presenta un rápido crecimiento debido a que posee incremento medio anual (IMA) en volumen de  $10\text{ m}^3/\text{ha}$  permitiendo almacenar una cantidad considerable de dióxido de carbono a lo largo de su vida (FAO, 1981).

Se desarrolla en suelos profundos, no salino ni alcalinos, de textura arenosa a franco arcillosa. Se utiliza para realizar pasta celulósica, vigas, tablas y otros muebles de madera (Di Marco, 2015).

### **2.1.5. Descripción de la especie Aliso (*Alnus acuminata*)**

El aliso, con nombre científico *Alnus acuminata*, pertenece a la familia Betulaceae. Es un árbol perennifolio nativo de 10 a 30 m, con ramas lisas de coloración café rojizo,

hojas alargadas de 7 a 13 cm de longitud. Tiene como propiedad mejorar la fertilidad del suelo porque sus raíces fijan nitrógeno, puede ser usada en sistemas agroforestales con maíz o frijol (CONAFOR, 2007).

Se extiende en México, Centro América, Argentina y Perú. Crecen en suelos profundos, con textura arenosa o arcillosa, con pH entre 4 y 6, con abundante materia orgánica rico en nitrógeno, fósforo y potasio (CONAFOR, 2007).

Las condiciones ambientales adecuadas para el aliso son las siguientes, (Madge, 1983) citado por Aquino Flores (2013):

- Temperatura: Las temperaturas mínimas extremas van de 0,2 a 1,8 °C, y las máximas extremas de 21,1 a 21,4 °C.
- Precipitación: La precipitación media anual que reciben los bosques de aliso varia de 662,8 a 755,1 mm.
- Humedad relativa: La humedad relativa varía durante el año de 51,7 a 76 %.
- Altitud: Desde los 3000 a 3800msnm.

#### **2.1.6. Modelos alométricos**

Los modelos alométricos son ecuaciones matemáticas que permiten estimar la biomasa aérea y radicular utilizando pocas variables forestales como el diámetro a la altura del pecho y la altura total (Segura & Andrade, 2008). A continuación, se describe las ecuaciones alométricas referidas a la estimación de la biomasa aérea y radicular.

##### **2.1.6.1. Ecuaciones alométricas de la biomasa del eucalipto.**

Vega-Nieva et al. (2015), en su artículo científico, modelizan las biomásas secas de cada componente de una muestra de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) de la región de Galicia, España. Su investigación aplicó la metodología del muestreo destructivo, separando cada componente del árbol y tomando una muestra de 230 árboles para la modelización de la biomasa aérea y 36 árboles para modelizar la biomasa subterránea (radicular). Las muestras fueron llevadas al laboratorio para el cálculo de las biomásas de cada segmento del árbol (hojas, ramas y tronco).

Para la obtención de las ecuaciones aplicó dos enfoques, el primer enfoque tiene dos etapas, en el primero, se derivaron modelos de ajuste individuales para cada componente, en la segunda etapa, se obtuvieron ecuaciones de biomasa aditivas usando el método de regresión no lineal aparentemente no relacionada (NSUR, por sus siglas en inglés). Para el segundo enfoque, usó modelos de efectos mixtos no lineales (NLME, por sus siglas en inglés) considerando la estructura jerárquica, no linealidad y heterocedasticidad de los datos.

Las ecuaciones alométricas relacionan la masa seca de cada parte de la biomasa del árbol y con las variables DAP y altura total. A continuación, se describe las ecuaciones propuestas por Vega-Nieva et al. (2015).

La biomasa aérea se estima de la siguiente forma:

Biomasa de las hojas:

$$B_h = 0.0425 * DAP^{1.7689} , R^2 = 0.858 \quad (1)$$

Biomasa de las ramas:

$$B_r = 0.0287 * DAP^{2.184} , R^2 = 0.91 \quad (2)$$

Biomasa del tronco (madera y corteza):

$$B_t = 0.0447 * DAP^{2.0418} * H^{0.6459} , R^2 = 0.983 \quad (3)$$

Biomasa aérea:

$$B_a = B_h + B_r + B_t \quad (4)$$

Donde:

$B_a$ : biomasa aérea (kg)

$B_h$ : biomasa de las hojas (kg)

$B_r$ : biomasa de las ramas (kg)

$B_t$ : biomasa del tronco (kg)

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

La biomasa radicular se estima de la siguiente forma:

$$B_r = -430.4512 + 174.3656 * \ln(DAP) , R^2 = 0.887 \quad (5)$$

Donde:

*Br*: biomasa radicular (kg)

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

#### **2.1.6.2. Ecuaciones alométricas de la biomasa del aliso.**

Aquino Flores (2013), obtuvo la ecuación alométrica de las biomásas aérea y radicular del aliso (*Alnus acuminata*), a través del muestreo destructivo de 30 árboles de aliso de cinco clases diamétricas. Posteriormente, realizó el modelo exponencial con los datos de biomasa seca obtenidas en el laboratorio. A continuación, se presenta las ecuaciones para estimar las biomásas del aliso.

La biomasa aérea se estima de la siguiente forma:

$$Ba = 0.0871 * (DAP)^{2.3479} , \quad R^2 = 0.97 \quad (6)$$

Donde:

Ba: Biomasa aérea (kg)

DAP: Diámetro altura del pecho (cm)

La biomasa radicular se estima de la siguiente forma:

$$Br = 0.0353 * (DAP)^{2.1732} , \quad R^2 = 0.97 \quad (7)$$

Donde:

Br: Biomasa radicular (kg)

DAP: Diámetro altura del pecho (cm)

#### **2.1.7. Servicios ecosistémicos**

Los servicios ecosistémicos se definen, según la Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, como beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del correcto funcionamiento de los ecosistemas. Algunos ejemplos son el mantenimiento de la biodiversidad, la regulación hídrica en cuencas, el secuestro de carbono, la belleza paisajística, la formación de suelos y la provisión de recursos genéticos (Congreso de la República del Perú, 2014).

Los servicios ecosistémicos se clasifican, según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) en 4 tipos de servicios:

aprovisionamiento, regulación, culturales y soporte. En la siguiente tabla, se describe cada tipo de servicio ecosistémico.

**Tabla 1**

*Clasificación de servicios ecosistémicos*

Tipo de servicio ecosistémico	Definición	Ejemplos
<b>Aprovisionamiento</b>	Son aquellos referidos a la cantidad de bienes o materias primas que un ecosistema ofrece al ser humano.	Agua para beber. Plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales. Animales criados para proporcionar nutrición. Sustancias minerales utilizadas con fines materiales.
<b>Regulación</b>	Son todas las formas en que los organismos vivos, a través de sus funciones, pueden regular el ambiente para mantener la salud y calidad de vida de las personas.	Regulación del clima. Secuestro de CO <sub>2</sub> . Ciclo hidrológico. Control de las tasas de erosión. Polinización.
<b>Cultural</b>	Son todos los productos no materiales, y no consuntivos, de los ecosistemas (bióticos y abióticos) que afectan los estados físicos y mentales de las personas.	Educación, formación y entretenimiento. Experiencias estéticas. Patrimonio e identidad cultural. Elementos de la naturaleza que poseen significado sagrado o religioso.
<b>Soporte</b>	Son aquellos servicios que brindan apoyo para producir los otros servicios ecosistémicos.	Producción primaria y biomasa. Ciclo de nutrientes. Formación de suelo.

*Nota: Elaboración propia basada en Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).*

**2.1.8. Secuestro de dióxido de carbono**

El dióxido de carbono es uno de los gases de efecto invernadero que tiene más incidencia en el cambio climático, por ello, el servicio ecosistémico de secuestro de carbono, que realizan los árboles como el eucalipto y aliso, es fundamental para mitigar este problema mundial. Este servicio se efectúa mediante el proceso de fotosíntesis, formando carbohidratos y energía necesaria para el desarrollo de la vegetación. Los

bosques, tienen gran importancia, porque tiene la capacidad de absorber y mantener más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre con una participación del 90 % de flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie terrestre (Montoya et al., 1995).

### **2.1.9. Valoración económica de servicios ecosistémicos**

La valoración económica del ambiente se define como un conjunto de técnicas y métodos que permiten asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por recursos ambientales (Convención RAMSAR, 1997)

Es una herramienta utilizada para cuantificar, en términos monetarios, el valor de los bienes y servicios ecosistémicos, independientemente si estos cuentan o no con un precio en el mercado. Tiene como finalidad visibilizar todos aquellos beneficios o costos asociados a los cambios en los ecosistemas y que afectan el bienestar de los individuos de la sociedad, de forma que puedan ser integrados en la toma de decisiones (MINAM, 2016b). A continuación, se presenta los principales métodos de valoración económica propuestas en la Guía de valoración económica del patrimonio natural del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2016b).

#### **Método basado en valores de mercado**

##### **a) Precios de Mercado**

Consiste en utilizar los precios de un mercado nacional o internacional ya existente sobre los bienes o servicios comercializados que están asociados a los servicios ecosistémicos que se desean valorar. En este método, se elige un mercado competitivo sin distorsiones para extraer el precio de un bien ambiental.

En el caso de la tesis, se aplicó este método porque es recomendado por el MINAM para la valoración del servicio ecosistémico de secuestro de CO<sub>2</sub>, según la Guía de Valoración Económica de Impactos Ambientales en el marco del SEIA aprobada mediante R.M. 047-2022-MINAM. El precio del CO<sub>2</sub> por tonelada se obtuvo del precio establecido por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) del Perú y de los Sistemas de Comercio de Emisiones (SCE) de la Unión Europea y China. Se usó tres tipos de precios con la finalidad de contrastar los valores económicos del CO<sub>2</sub> nacional e internacional. Dicho

precio se multiplicó con la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado por las especies forestales y se obtuvo el valor de dicho servicio ecosistémico.

### **Métodos basados en preferencias reveladas**

#### **a) Cambios en la productividad**

Consiste en estimar el valor de uso indirecto de un servicio ecosistémico a través de la variación de la producción proveniente de ese componente ambiental. Este método es útil para servicios ecosistémicos que sirven de insumo en una actividad económica ya existente. Ello implica que cualquier cambio en el servicio ecosistémico generará una variación en la producción del bien, lo que afecta en los ingresos de las personas.

#### **b) Costo de viaje**

Es un método indirecto que permite estimar el valor en términos monetarios de los servicios aprovechados por las personas en actividades turísticas y recreativas que no tienen un mercado establecido. En consecuencia, este método toma en cuenta todos los gastos que realizan las personas por visitar un determinado ecosistema, es decir, el servicio ecosistémico se valora en función de los gastos de viaje que los visitantes cubren por satisfacer su necesidad de recreación en un área natural de interés.

#### **c) Precios hedónicos**

Consiste en estimar el valor económico de servicios ecosistémicos que influyen directamente en los precios de bienes de mercado. En este método, se asume que el precio del bien se encuentra en función de sus atributos o servicios ecosistémicos, con ello se calcula la función de precios hedónicos y se asigna un precio implícito a cada uno de los atributos.

#### **d) Costos evitados**

Este método considera los gastos que realizan los diversos agentes económicos como los gobiernos, empresas y personas con el fin de prevenir o reducir los daños ambientales, cuando los bienes o servicios son sustitutos. Para ser aplicado, debe evidenciarse que las personas tienen la intención de efectuar el gasto, de igual forma, las propuestas a implementarse deben ser factibles.

## **Método basado en preferencias declaradas**

### **a) Valoración contingente**

Se basa en realizar encuestas o consultas a las personas sobre la máxima disposición a pagar que tienen para conservar algún ecosistema o por beneficiarse de un servicio ecosistémico, de igual forma, se puede utilizar este método para consultar a las personas cuánto es la mínima disposición a aceptar en compensación de la disminución de algún bien o servicio ecosistémico.

Por ejemplo, en el caso de la tesis, este método se podría aplicar realizando encuestas a la población de Jircán con el objetivo de conocer cuánto están dispuestos a pagar (de forma mensual o anual) por el beneficio del secuestro de CO<sub>2</sub> proveído por los bosques nativos de aliso y las plantaciones de eucalipto. Sin embargo, el precio obtenido sería subjetivo dado que dependerá de la importancia que las personas tengan respecto a la captura de CO<sub>2</sub>, ello significa una limitación en el proceso de valoración económica.

#### **2.1.10. Mercados de carbono**

Los mercados de carbono son espacios donde se comercializan bonos de carbono o derechos de emisión entre empresas y/o gobiernos. Existen dos tipos de mercados: los de cumplimiento regulado y los voluntarios. En los mercados regulados se tienen normas obligatorias de reducción de emisiones, en cambio en el voluntario, las empresas comercializan bonos de carbono de manera facultativa.

El Protocolo de Kyoto estableció tres mecanismos para el mercado regulado: Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), la Ejecución Conjunta y el Régimen del comercio de derechos de emisiones (FAO, 2010). A continuación, se describe los mecanismos indicados.

#### **a) Mecanismo para un Desarrollo Limpio**

Este mecanismo es aplicado por los países industrializados que desarrollan proyectos de reducción de emisiones, por ejemplo, reforestación o energía renovable, en países en vías de desarrollo. Estos proyectos generan bonos de carbono que son vendidos

por los países en desarrollo lo cual es beneficioso para la sostenibilidad del proyecto. Asimismo, el país inversor cumple sus metas de reducción de emisiones (FAO, 2010).

#### **b) Ejecución Conjunta**

Este mecanismo se basa en proyectos de inversión de reducción de emisiones ejecutados por países industrializados en otros países de la misma categoría. El país receptor del proyecto emite las Unidades de Reducción de Emisiones (URE) y el país inversor compra las URE y los cuantifica para el cumplimiento de su meta de reducción de emisiones (Yábar, 2001).

#### **c) Régimen del comercio de derechos de emisiones**

Consiste en el comercio de derechos de emisiones entre países industrializados con la finalidad de mejorar los sistemas de producción y cumplir con las metas nacionales de reducción de GEI (Pierola, 2021).

Este tipo de mercado se aplica mediante los Sistemas de Comercio de Emisiones (SCE). Este sistema es implementado mediante un marco normativo por el Estado con el objetivo de limitar las emisiones de CO<sub>2</sub> de sectores económicos determinados y promover la reducción y/o compensación de dichas emisiones. En este sistema el precio del CO<sub>2</sub> varía en función de la oferta y demanda de los derechos de emisión. Ello fomenta que las empresas inviertan en tecnología baja en carbono o compensen sus emisiones en proyectos que conserven y/o incrementen los sumideros de carbono (Del Río & Labandeira, 2008).

#### **2.1.11. Instrumentos de fijación del precio del carbono**

Los mercados de carbono son una oportunidad para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de las actividades económicas y mitigar el cambio climático. Dichos mercados funcionan a través del intercambio de los bonos de carbono que se aplican mediante los derechos de emisión, cuya equivalencia es el permiso de emitir 1 tonelada de CO<sub>2</sub>. Con el fin de organizar estos mercados, existen los instrumentos de fijación del precio del carbono (CPIs, por sus siglas en inglés), de los cuales se distinguen dos tipos: los impuestos al carbono y los sistemas de comercio de emisiones (SCE).

Ambos instrumentos se ejecutan a través de una norma gubernamental, para el caso del impuesto al carbono, el Estado fija un precio por cada tonelada de emisión de CO<sub>2</sub> con el fin de desmotivar la emisión excesiva de GEI, por parte de las empresas (Banco Mundial, 2021).

Por otro lado, los sistemas de comercio de emisiones (SCE) o en inglés, “Emission Trading Systems” (ETS), permiten fijar un tope de emisiones para cada sector productivo y otorgar derechos de emisión para cada empresa de forma uniforme, según su sector. El funcionamiento se basa en el intercambio de los derechos de emisión, es decir, si una compañía genera más emisiones que los límites, deberá comprar derechos de emisión de otra empresa que haya reducido sus emisiones, y viceversa.

Según el último informe del Banco Mundial titulado “Estado y tendencias del precio del carbono”, a nivel mundial, se tiene 68 instrumentos de fijación del precio del carbono, lo que incluye impuestos al carbono y sistemas de comercio de emisiones, cubriendo el 23% de las emisiones globales de GEI (The World Bank, 2022).

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Biomasa forestal**

La biomasa forestal se define como la cantidad total de materia orgánica vegetal sobre el suelo y por debajo de los árboles, expresada como toneladas secas en un área determinada (Brown, 1997).

### **2.2.2. Biomasa aérea**

Se refiere a la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, incluyendo tronco, tocón, corteza, ramas, semillas y hojas (FAO, 2012)

### **2.2.3. Biomasa radicular**

Se refiere a la biomasa que se encuentra en las raíces vivas, es decir, la materia vegetal ubicada por debajo del suelo (FAO, 2012).

#### **2.2.4. Bosque**

Tierras que se extienden por más de 0,5 ha con árboles de más de 5 m de altura y una cubierta de dosel superior al 10 por ciento. No incluye las tierras que se utilizan principalmente como suelos agrícolas o urbanos (FAO, 2012).

#### **2.2.5. Cambio climático**

Variación del estado del clima que se determinan en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante períodos prolongados de tiempo, normalmente en decenios o en mayor tiempo (IPCC, 2018).

#### **2.2.6. Deforestación**

Conversión de los bosques a otro tipo de uso de la tierra o la reducción permanente de la cubierta de dosel, por debajo del umbral mínimo del 10 por ciento (FAO, 2012).

#### **2.2.7. Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

Es el diámetro sobre la corteza medido a una altura de 1.3 m sobre el nivel del suelo o arriba del tocón, si éste es más alto (FAO, 2012).

#### **2.2.8. Dióxido de carbono**

Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, y de los cambios de uso del suelo y otros procesos industriales (por ejemplo, producción de cemento). Es el principal gas de efecto invernadero antropógeno que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Este gas es utilizado como referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1 (IPCC, 2018).

#### **2.2.9. Dióxido de carbono equivalente**

Cantidad de emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que causaría el mismo forzamiento radiativo integrado o cambio de temperatura, en un plazo determinado, que cierta cantidad emitida de un gas de efecto invernadero (GEI) o de una mezcla de GEI (IPCC, 2018).

#### **2.2.10. Gases de efecto invernadero (GEI)**

Componente gaseoso de la atmósfera, de origen natural o antropogénico, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la atmósfera y por las nubes. Debido a esta propiedad sucede el efecto invernadero. Los GEI primarios son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>) (IPCC, 2018).

#### **2.2.11. Secuestro de dióxido de carbono**

Proceso de almacenar dióxido de carbono en un reservorio o sumidero de carbono (IPCC, 2018).

#### **2.2.12. Sumidero de carbono**

Reservorio de origen natural o producto de la actividad humana que se encuentra en suelos, océanos y plantas donde algún gas de efecto invernadero se almacena (IPCC, 2018).

#### **2.2.13. Servicios ecosistémicos**

Se definen como las contribuciones que los ecosistemas hacen al bienestar humano (Haines-Young & Potschin, 2018).

#### **2.2.14. Reforestación**

Recuperación natural o restablecimiento del bosque mediante plantación o siembra deliberada en tierras clasificadas como forestales (FAO, 2012).

#### **2.2.15. Valoración económica**

Conjunto de herramientas que permiten valorar un bien o servicio ecosistémico independientemente si estos cuentan o no con un precio o mercado (MINAM, 2016b).

### **2.3. Marco legal**

En este ítem se presenta la normativa ambiental general y específica que enmarca el desarrollo de esta investigación.

- Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, promulgado el 25 de junio de 1997 (Congreso de la República del Perú, 1997).
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, promulgado el 13 de octubre del 2005 (Congreso de la República del Perú, 2005).
- Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, promulgado el 21 de julio del 2011 (Congreso de la República del Perú, 2011).
- Decreto Supremo N° 023-2021-MINAM, norma que aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030, decretado el 25 de julio del 2021 (MINAM, 2021a).
- Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático, promulgado el 18 de abril del 2018 (Congreso de la República del Perú, 2018).
- Decreto Supremo N° 013-2019-MINAM, norma que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático, decretado el 30 de diciembre del 2019 (MINAM, 2019a).
- Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, promulgado el 11 de junio del 2014 (Congreso de la República del Perú, 2014).
- Decreto Supremo N° 009-2016-MINAM, norma que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, decretado el 21 de julio del 2016 (MINAM, 2016a).

## Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

### 3.1. Metodología de la investigación

#### 3.1.1. Área de estudio

##### 3.1.1.1. Ubicación.

El área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Jircán, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco. Se encuentra a una altitud de 3200 m.s.n.m. y a una distancia de 567 km aprox. de la ciudad de Lima (12 horas aprox.). La plantación de eucalipto es de propiedad de la Comunidad Campesina del Distrito de Jircán y el bosque de aliso se encuentra en la propiedad del Sr. Dionisio Vidal, comunero de Jircán. Las edades promedio son de 20 años, para la plantación de eucalipto y de 10 años para el bosque de aliso. Dichos datos fueron recogidos del presidente de la Comunidad, el Sr. Román Nuñez, y del hijo del propietario del terreno de aliso, el Sr. Joel Vidal. En el anexo 01 se presenta el mapa de ubicación del área de estudio.

#### Figura 1

*Ubicación departamental del área de estudio.*



**Figura 2**

*Ubicación del área de estudio.*



Los vértices y áreas de la plantación de eucalipto y bosque de aliso se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 2**

*Coordenadas de la plantación de eucalipto*

Coordenadas WGS-84 de la plantación de eucalipto		
Vértice	Este (m)	Norte (m)
P1	310952	8977452
P2	310971	8977347
P3	310926	8977332
P4	310907	8977442
Área (ha)	0,51	

**Tabla 3**

*Coordenadas del bosque de aliso*

Coordenadas WGS 84 del bosque de aliso		
Vértice	Este (m)	Norte (m)
Q1	310710	8977316
Q2	310736	8977272
Q3	310652	8977241
Q4	310603	8977235
Q5	310604	8977268
Q6	310613	8977280

Área (ha)	0,61
-----------	------

### 3.1.1.2. Características físicas

**Clima:** Según el Mapa de Clasificación Climática del Perú (SENAMHI, 2020), Jircán presenta el clima B (r) B' de tipo lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año, templado. En el anexo 02 se presenta el mapa de clasificación climática del área de estudio.

**Temperatura:** La temperatura mínima, de este tipo de clima, varía entre 11°C a 17°C y la máxima entre 25°C a 29°C (SENAMHI, 2020).

**Precipitación:** El promedio anual varía entre 1200 mm y 3000 mm aproximadamente (SENAMHI, 2020).

**Hidrografía:** El área de estudio pertenece a la Intercuenca Alto Marañón V según el Mapa de Unidades Hidrográficas del Perú (Autoridad Nacional del Agua, 2008). Existen 2 lagunas principales: Mancacocha y Sequiacocha. Se tienen 3 quebradas principales: Trancarajra, que proviene de un manantial, Qahuajchaca, que proviene de la laguna Mancacocha y Huarampampa, que proviene de la laguna Sequiacocha.

El distrito tiene un canal de regadío que proviene de las lagunas Mancacocha y Sequiacocha. El canal provee agua parcialmente a la zona baja, pero falta concluir su instalación para abastecer a todas las zonas de cultivo.

### 3.1.1.3. Características biológicas

**Flora:** Según la entrevista realizada al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán, el distrito presenta una diversidad de especies de plantas silvestres como muña, anchica, orégano, hierba luisa, manzanilla, anís, ruda, hierba buena, quinta, ortiga, paja; y también árboles como tara, quishuar, manzano y aliso.

**Fauna:** Según la entrevista realizada al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán, existen diversas especies de animales silvestres en el distrito como la zorrilla, zorro, puma, venado, vizcachas, conejo, ardilla, cuy silvestre y carachupa. Además, se tiene

diferentes especies de aves como el zorzal, ruiseñor, wipcho, chanquish (gorrión), picaflor, perdiz, loros verdes, entre otros.

**Tipo de ecosistema:** Según el Mapa Nacional de Ecosistemas (MINAM, 2019c), la plantación de eucalipto y el 26% del bosque de aliso, se encuentran en la zona agrícola (Agri), y el 74% del bosque de aliso se encuentra en el ecosistema de matorral andino (Ma). En el anexo 03 se presenta el mapa de ecosistemas del área de estudio.

**Zona de vida:** Según el Atlas de Zonas de Vida del Perú (SENAMHI, 2017), el área de estudio se encuentra en la zona de vida Matorral y el sub-bioma Matorral Montano Subtropical. En el anexo 04 se presenta el mapa de zonas de vida del área de estudio.

#### **3.1.1.4. Características económicas**

Las principales actividades económicas en el distrito son la agricultura, ganadería y forestal. Dicha información fue recabada mediante la entrevista realizada al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán y a través de la observación directa del distrito durante el trabajo de campo.

**Agricultura:** La principal actividad económica de Jircán es la agricultura. Los productos agrícolas se diferencian según la altitud del lugar. En la parte baja se tiene: numia, maíz, frijoles, alverja, cebada, trigo, lenteja, avena; frutas: limón, chirimolla, lúcuma, tuna, pacay, palta, granadilla, calabaza; y en la parte alta cultivan: papa, mashua, oca, olluco.

**Ganadería:** La población tiene animales de granja como los cerdos, gallinas, patos, cuyes, ganado vacuno, ovino y caprino. Estos animales son comercializados de forma local en el mismo distrito o entre distritos cercanos, también son usados para consumo familiar.

**Forestal:** La actividad forestal se realiza, principalmente, con plantaciones de eucalipto administradas por la Comunidad Campesina de Jircán. En cambio, para el aliso, no se realizan plantaciones, más bien crece de forma natural en los terrenos comunales, por lo que es administrado por cada comunero. El comercio de la madera de eucalipto y aliso se realiza de forma de vigas y tablas. La venta se lleva a cabo entre comuneros y en

ocasiones a la Municipalidad Distrital de Jircán para obras puntuales. La madera de ambas especies se utiliza para el techado de viviendas, muebles, entablado de piso y leña.

### **3.1.2. Enfoque**

El enfoque es de tipo cuantitativo porque se estimó la cantidad de biomasa, carbono almacenado, secuestro de dióxido de carbono y la valoración, en términos monetarios, de dicho servicio ecosistémico.

### **3.1.3. Tipo de investigación**

#### **3.1.3.1. Por su finalidad.**

La investigación por su finalidad es de tipo básica porque estuvo orientada a estudiar en un tiempo específico el valor económico que posee el servicio ecosistémico de secuestro de CO<sub>2</sub> en plantaciones de eucalipto y aliso, es decir, la investigación permitió obtener conocimiento de valor asociada a plantaciones forestales de una especie exótica y nativa.

#### **3.1.3.2. Por el grado de manipulación o control de variables.**

La investigación por el grado de manipulación o control de variables es de tipo no experimental porque se aplicó la observación y medición de las variables sin manipulación de las mismas. En este trabajo, se realizó una descripción de las variables que posee la plantación de eucalipto y aliso con lo cual se estimó el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub>.

#### **3.1.3.3. Por su temporalidad.**

Según la temporalidad, el estudio es transeccional, o también llamado transversal, de tipo descriptivo porque la finalidad fue de analizar las variables que están relacionadas al secuestro de dióxido de carbono de las plantaciones de eucalipto y aliso en un determinado lugar y tiempo.

### **3.1.4. Alcance**

El alcance de la investigación es de tipo descriptiva debido a que la finalidad fue estimar el valor económico de un servicio ecosistémico (secuestro de CO<sub>2</sub>) que posee una plantación de eucalipto y otra de aliso a través del recojo de información en campo, como

el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total; y la aplicación de ecuaciones alométricas que permitieron estimar la biomasa, carbono y CO<sub>2</sub> presentes en dichas plantaciones.

### **3.1.5. Población, muestra y unidad de análisis**

#### **3.1.5.1. Población.**

La población estuvo compuesta por 300 árboles de eucaliptos, y 254 árboles de aliso, con un DAP mayor o igual a 10 cm, ubicadas en el distrito de Jircán, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco.

#### **3.1.5.2. Muestra.**

La muestra estuvo compuesta por 150 árboles de eucalipto y 150 árboles de aliso con un DAP mayor o igual a 10 cm ubicadas en el distrito de Jircán, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco. La investigación aplicó el método no probabilístico por conveniencia para obtener la muestra. Ello se realizó porque la población de eucalipto y aliso se encuentran en zonas con pendiente moderada por lo que es necesario realizar un muestreo según criterio del investigador considerando los accesos al lugar y la seguridad en la toma de las medidas. Además, el número de muestra se adaptó a la disponibilidad de tiempo y recursos económicos.

#### **3.1.5.3. Unidad de análisis.**

La unidad de análisis fue un árbol de eucalipto y uno de aliso con un DAP mayor o igual a 10 cm.

### **3.1.6. Técnicas de recolección de datos**

#### **3.1.6.1. Técnicas de documentación de información.**

Se realizó una revisión de diferentes tesis e investigaciones científicas relacionadas a la valoración del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de eucalipto y aliso con la finalidad de adaptar la metodología utilizada en la presente investigación. Además, se utilizó imágenes satelitales del software Google Earth, el mapa de ecosistemas del MINAM, mapa de clasificación climática y el mapa de zonas de vida del SENAMHI para la caracterización física del lugar de estudio.

### **3.1.6.2. Técnicas de recojo de datos.**

Se aplicó la observación no experimental para la obtención de los datos. Se utilizó el método indirecto (no destructivo), es decir, se realizó la medición de los datos de DAP y altura total de los árboles de eucalipto y aliso, para ser procesados en las ecuaciones alométricas y obtener el secuestro de dióxido de carbono del lugar de estudio. Además, se realizó una entrevista al presidente de la comunidad campesina de Jircán con el fin de obtener información primaria de la plantación de eucalipto y bosque de aliso.

### **3.1.7. Instrumentos de recolección**

#### **3.1.7.1. Instrumentos de medición.**

Para la medición de las variables independientes y la georreferenciación de las unidades de análisis se utilizó los siguientes instrumentos:

- GPS Garmin Etrex 10x: Georreferenciación del área de estudio y de cada árbol.
- Cinta diamétrica de 5 m Richter: Medición del DAP de cada árbol.
- Clinómetro Suunto: Medición de los ángulos hacia el ápice y base para calcular la altura total de cada árbol.

#### **3.1.7.2. Procesamiento de datos.**

Para el procesamiento de datos se utilizó el Microsoft Excel, SPSS Statistics y el ArcGIS.

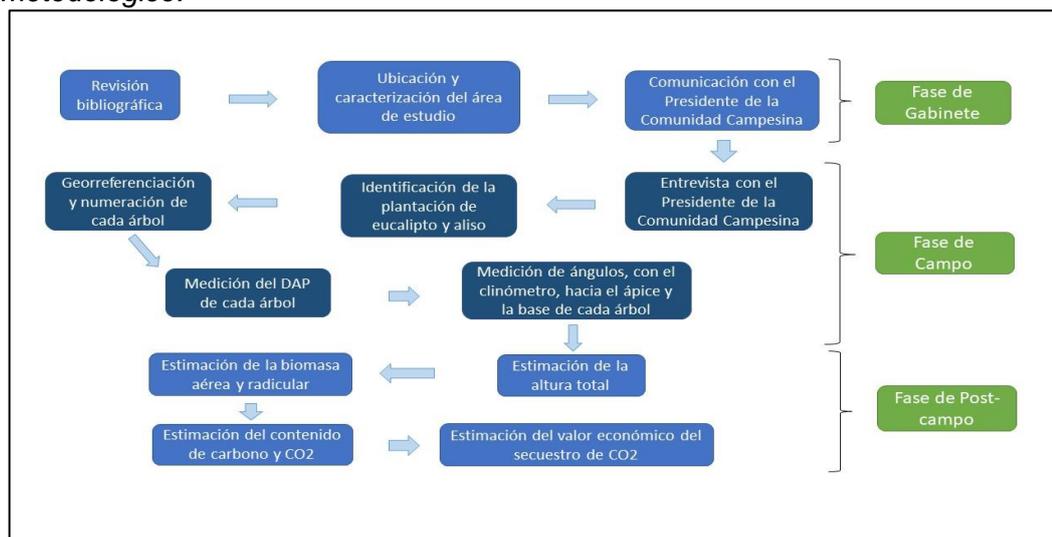
- Microsoft Excel: Cálculos de la biomasa aérea y radicular, carbono y dióxido de carbono almacenado y su valoración económica.
- SPSS Statistics: Pruebas estadísticas de normalidad y pruebas no paramétricas, para la contrastación de las hipótesis.
- ArcGIS: Generación de mapas temáticos de toda el área de estudio.

### **3.1.8. Procedimiento metodológico**

En esta parte, se describe las fases de gabinete, campo y post-campo. A continuación, se muestra un diagrama que representa el diseño metodológico de la investigación.

**Figura 3**

*Diseño metodológico.*



### 3.1.8.1. Fase de gabinete.

En esta fase se realizó la revisión bibliográfica de antecedentes (tesis e investigaciones científicas) relacionados al tema en estudio con la finalidad de adaptar la metodología de forma idónea. Seguidamente se ubicó el área de estudio mediante el software Google Earth. Posteriormente, se invitó al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán para realizar una entrevista presencial y coordinar el viaje, se adjunta el cargo de la Carta de invitación en el Anexo 05. Finalmente, se obtuvo los materiales necesarios para el trabajo de campo y se realizó las gestiones para el viaje.

### 3.1.8.2. Fase de campo.

Esta fase se ejecutó durante los días 21 de febrero al 04 de marzo del 2022 y tuvo como soporte al Sr. Luis Vidal, ciudadano de Jircán, para las mediciones en campo.

En esta fase se realizaron las siguientes actividades:

- **Entrevista:** Se realizó una entrevista al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán con el fin de recabar información sobre las plantaciones de eucalipto y aliso antes de iniciar el trabajo de campo. Se adjunta en el Anexo 06 la entrevista realizada.
- **Identificación de la plantación:** Se identificó los árboles de eucalipto y aliso presentes en el área de estudio, en base a las características forestales (DAP,

altura, número de árboles y área), con ayuda del presidente de la comunidad campesina de Jircán.

- **Georreferenciación:** Se georreferenció cada árbol de eucalipto y aliso con la ayuda del GPS.
- **Medición del diámetro de los árboles:** Se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), con el uso de la cinta diamétrica, considerando una altura de 1,30 metros del suelo.
- **Estimación de la altura:** Se midió los ángulos hacia el ápice y base de cada árbol con el uso del clinómetro, cuyos datos permitieron calcular la altura total.
- **Numeración de los árboles:** Se identificó a cada árbol con cintas especificando su numeración correspondiente.

El registro fotográfico del trabajo de campo se encuentra en el Anexo 07.

### 3.1.8.3. Fase de post-campo.

En esta fase se realizó el procesamiento de los datos obtenidos en campo a través del Microsoft Excel. Para ello, se aplicó la siguiente secuencia de pasos:

#### a) Estimación de la altura total

La estimación de la altura se realizó con el uso del clinómetro, que brinda el ángulo hacia el ápice y hacia la base del árbol. Asimismo, se midió la distancia horizontal hacia el árbol con una cinta métrica.

Para este cálculo, se ha tomado en cuenta lo estudiado por Aldana (2008) y Juárez (2014). Dichos autores plantean que, bajo el método trigonométrico, se tienen 3 posibles casos según la posición del árbol respecto del operador.

En este paso, se consideró que los ángulos obtenidos con el clinómetro pueden ser positivos (+), cuando se miden sobre la horizontal, y negativos (-) cuando su visión se encuentra debajo de la horizontal.

#### **Caso 1: La vista del operador se encuentra entre el ápice y la base del árbol.**

La altura se calculó con la siguiente fórmula:

$$H = h_1 + h_2 \quad (8)$$

$$h_1 = D * \tan(\alpha) , h_2 = D * \tan(\beta) \quad (9)$$

Además, la distancia horizontal “D” se calculó de la siguiente forma:

$$D = \sqrt{d^2 - (|A_1 - A_2|)^2} \quad (10)$$

Donde:

$H$  : Altura total del árbol (m)

$D$ : Distancia horizontal hacia el árbol (m)

$d$ : Distancia medida entre el árbol y el operador.

$\alpha$ : Ángulo hacia el ápice del árbol (+).

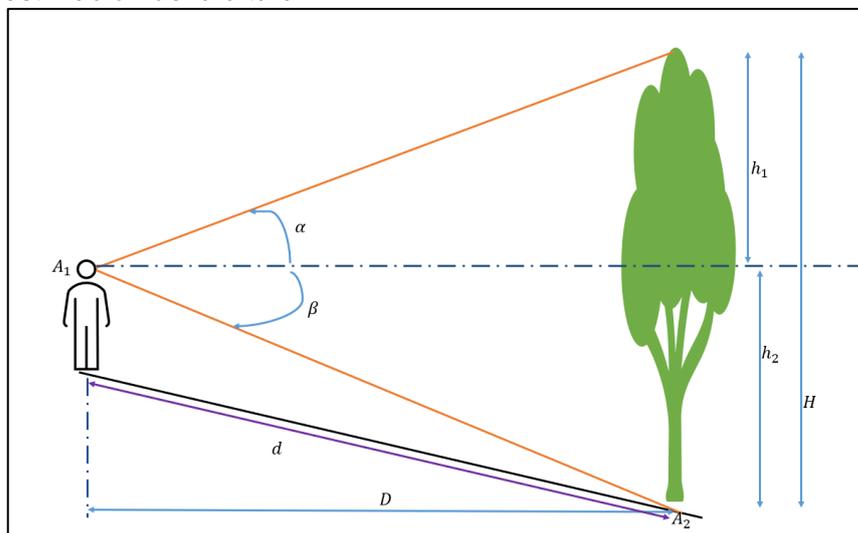
$\beta$ : Ángulo hacia la base del árbol (-).

$A_1$ : Altitud del operador (medido con GPS en m).

$A_2$ : Altitud del árbol (medido con GPS en m).

#### Figura 4

Caso 1 para la estimación de la altura.



**Caso 2: La vista del operador se encuentra debajo de la base del árbol.**

Se halló la altura total de cada árbol con la siguiente fórmula:

$$H = h_1 - h_2 \quad (11)$$

$$h_1 = D * \tan(\alpha) , h_2 = D * \tan(\beta) \quad (12)$$

Además, la distancia horizontal “D” se calculó de la siguiente forma:

$$D = \sqrt{d^2 - (A_2 - A_1)^2} \quad (13)$$

Donde:

$H$  : Altura total del árbol (m)

$D$ : Distancia horizontal hacia el árbol (m)

$d$ : Distancia medida entre el árbol y el operador.

$\alpha$ : Ángulo hacia el ápice del árbol (+).

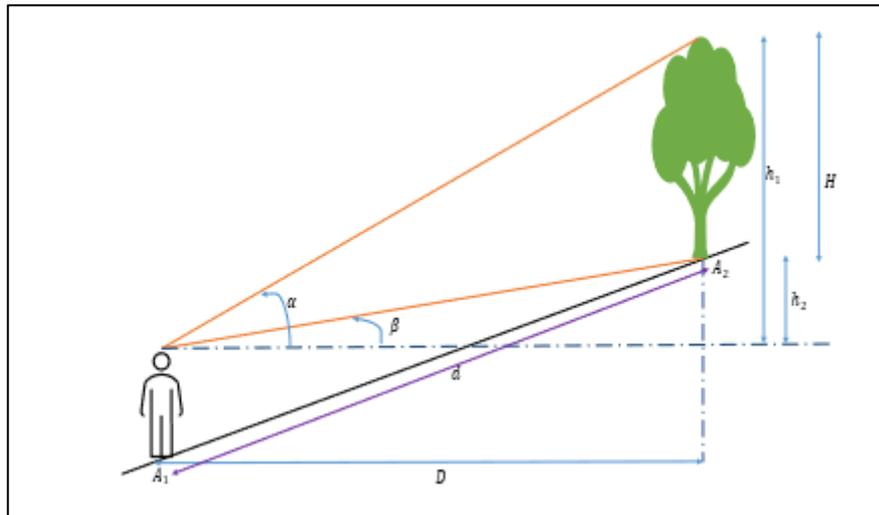
$\beta$ : Ángulo hacia la base del árbol (-).

$A_1$ : Altitud del operador (medido con GPS en m).

$A_2$ : Altitud del árbol (medido con GPS en m).

### Figura 5

Caso 2 para la estimación de la altura.



**Caso 3: La vista del operador se encuentra encima del ápice del árbol.**

Se hallará la altura total de cada árbol con la siguiente fórmula:

$$H = h_2 - h_1 \quad (14)$$

$$h_1 = D * \tan(\alpha) , h_2 = D * \tan(\beta) \quad (15)$$

Además, la distancia horizontal “D” se calculó de la siguiente forma:

$$D = \sqrt{d^2 - (A_1 - A_2)^2} \quad (16)$$

Donde:

$H$  : Altura total del árbol (m)

$D$ : Distancia horizontal hacia el árbol (m)

$d$ : Distancia medida entre el árbol y el operador.

$\alpha$ : Ángulo hacia el ápice del árbol (+).

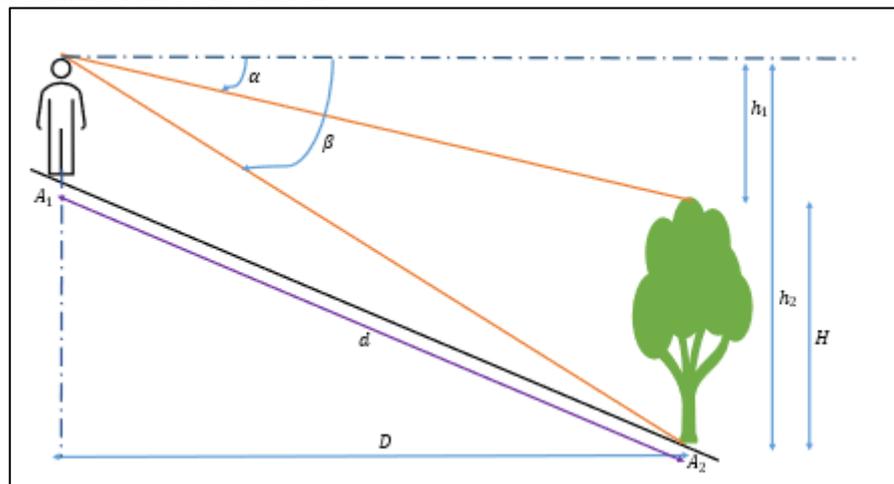
$\beta$ : Ángulo hacia la base del árbol (-).

$A_1$ : Altitud del operador (medido con GPS en m).

$A_2$ : Altitud del árbol (medido con GPS en m).

**Figura 6**

*Caso 3 para la estimación de la altura.*



## b) Estimación de la biomasa

### b1) Estimación de la biomasa del eucalipto

La estimación de la biomasa aérea y radicular del eucalipto se efectuó con las ecuaciones alométricas propuestas en el artículo científico de Vega-Nieva et al. (2015). Se tomó en cuenta los tres componentes del árbol: las hojas, ramas y tronco (madera y corteza).

La biomasa aérea se estimó de la siguiente forma:

Biomasa de las hojas:

$$B_h = 0.0425 * DAP^{1.7689}, R^2 = 0.858 \quad (1)$$

Biomasa de las ramas:

$$B_{ra} = 0.0287 * DAP^{2.184} , R^2 = 0.91 \quad (2)$$

Biomasa del tronco (madera y corteza):

$$B_{tr} = 0.0447 * DAP^{2.0418} * H^{0.6459} , R^2 = 0.983 \quad (3)$$

Biomasa aérea:

$$B_a = B_h + B_{ra} + B_{tr} \quad (4)$$

Donde:

$B_a$ : biomasa aérea (kg)

$B_h$ : biomasa de las hojas (kg)

$B_{ra}$ : biomasa de las ramas (kg)

$B_{tr}$ : biomasa del tronco (kg)

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

La biomasa radicular se estimó de la siguiente forma:

$$B_r = -430.4512 + 174.3656 * \ln(DAP) , R^2 = 0.887 \quad (5)$$

Donde:

$B_r$ : biomasa radicular (kg)

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

La biomasa total se calculó a través de la suma de las biomásas aérea y radicular:

$$B_t = B_a + B_r \quad (17)$$

Donde:

$B_t$ : biomasa total (kg)

$B_a$ : biomasa aérea (kg)

$B_r$ : biomasa radicular (kg)

Posteriormente, se sumó las biomásas de la muestra de árboles de eucalipto y se realizó la conversión a toneladas:

$$B_T = B_t * \frac{1t}{1000kg} \quad (18)$$

Donde:

$B_T$ : biomasa total en toneladas (t)

$B_t$ : biomasa total en kilogramos (kg)

## **b2) Estimación de la biomasa del aliso**

La estimación de la biomasa aérea y radicular del aliso se efectuó con las ecuaciones alométricas propuesta por Aquino Flores (2013).

La biomasa aérea se estimó con la siguiente ecuación:

$$B_a = 0.0871 * (DAP)^{2.3479} , \quad R^2 = 0.97 \quad (6)$$

Donde:

$B_a$ : Biomasa aérea (kg)

$DAP$ : Diámetro altura del pecho (cm)

La biomasa radicular se estimó con la siguiente ecuación:

$$B_r = 0.0353 * (DAP)^{2.1732} , \quad R^2 = 0.97 \quad (7)$$

Donde:

$B_r$ : Biomasa radicular (kg)

$DAP$ : Diámetro altura del pecho (cm)

La biomasa total se calculó a través de la suma de las biomásas aérea y radicular:

$$B_t = B_a + B_r \quad (17)$$

Donde:

$B_t$ : biomasa total (kg)

$B_a$ : biomasa aérea (kg)

$B_r$ : biomasa radicular (kg)

Posteriormente, se sumó las biomásas de la muestra de árboles de aliso y se realizó la conversión a toneladas:

$$B_T = B_t * \frac{1t}{1000kg} \quad (18)$$

Donde:

$B_T$ : biomasa total en toneladas (t)

$B_t$ : biomasa total en kilogramos (kg)

### c) Estimación del contenido de carbono

El contenido de carbono en la plantación se estimó a través de una fórmula propuesta por el IPCC (2003) y aplicada también por Ucañay (2014), donde se considera, que el carbono representa el 50% de la biomasa arbórea total.

$$C_t = 50\% * B_T \quad (19)$$

Donde:

$C_t$ : Carbono total (t)

$B_T$ : Biomasa arbórea total (t)

Posteriormente, el carbono se dividió entre el área de estudio:

$$C_T = \frac{C_t}{\text{Área}} \quad (20)$$

Donde:

$C_T$ : Carbono total por área (t/ha)

$C_t$ : Carbono total (t)

Área: Área de estudio (ha)

### d) Estimación del secuestro de dióxido de carbono

La estimación del secuestro de CO<sub>2</sub> se llevó a cabo utilizando la fórmula propuesta por el IPCC (2006) en la Guía para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, también utilizada por diferentes autores como Ucañay (2014), Flores (2017) y Padilla (2019):

$$CO_2 = C_T * 3.667 \quad (21)$$

Donde:

$CO_2$ : Dióxido de carbono por área (tCO<sub>2</sub>/ha)

$C_T$ : Carbono total por área (t/ha)

3,667: Factor de conversión a CO<sub>2</sub>

El factor de conversión de carbono a dióxido de carbono se obtuvo del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono y del carbono, según lo siguiente:

$$\text{Factor de conversión a } CO_2 = \frac{\text{Peso molecular del } CO_2}{\text{Peso atómico del Carbono}} \quad (22)$$

$$\text{Factor de conversión a } CO_2 = \frac{12 + 2 * 16}{12} \quad (23)$$

$$\text{Factor de conversión a } CO_2 = 3,667 \quad (24)$$

Considerando:

- Peso atómico del Carbono = 12 u
- Peso atómico del Oxígeno= 16 u

#### e) Estimación del valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub>

Para la estimación del valor de secuestro de CO<sub>2</sub> se aplicó el método de precios de mercado, según la Guía de Valoración del Patrimonio Natural (MINAM, 2016b), porque el CO<sub>2</sub> tiene un precio determinado en el mercado. Para ello, se tomó en consideración los precios del CO<sub>2</sub> establecidos en Perú, China y la Unión Europea.

Para el caso peruano, se tomó en cuenta el precio social del CO<sub>2</sub> establecido por el Ministerio de Economía y Finanzas en el Anexo 3 de la Directiva para la formulación y evaluación en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones - Directiva N°002-2017-EF/63.01 (MEF, 2017).

Para los casos de China y la Unión Europea, se tomó como referencia el precio promedio del CO<sub>2</sub> de marzo del 2022 obtenido en la página web de La Asociación Internacional de Acción de Carbono (ICAP, por sus siglas en inglés) (The International Carbon Action Partnership, 2022).

El valor económico del secuestro de dióxido de carbono se obtuvo a través de la multiplicación del contenido de CO<sub>2</sub> y su precio de cada tonelada.

$$VE = CO_2 * PC \quad (25)$$

Donde:

VE: Valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> (US\$/ha)

CO<sub>2</sub> = Dióxido de carbono por área (tCO<sub>2</sub>/ha)

PC: Precio del CO<sub>2</sub> (US\$/tCO<sub>2</sub>e)

### 3.2. Resultados

En este ítem se presenta los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación. Primero, se describe los resultados de las variables dasométricas (DAP y altura total), luego se detalla las estimaciones de biomasa aérea, radicular y total, posteriormente, se muestra los contenidos de carbono y secuestro de dióxido de carbono. Finalmente, se obtiene el valor económico del secuestro de dióxido de carbono de ambas especies.

El detalle de los datos de campo del eucalipto y aliso se encuentran en los Anexos 08 y 09, respectivamente. Asimismo, el detalle de los cálculos de altura, biomasa, carbono y CO<sub>2</sub> para el eucalipto y aliso se encuentran en los Anexos 10 y 11, respectivamente.

#### 3.2.1. Resultados dasométricos

La plantación de eucalipto resultó un DAP promedio de 29,25 cm y la altura total promedio fue de 27,02 m. Por su parte, el bosque de aliso resultó un DAP promedio de 11,31 cm y la altura total promedio fue de 11,31 m.

En la tabla 4 y las figuras 7 y 8 se describen los resultados dasométricos promedios de ambas especies.

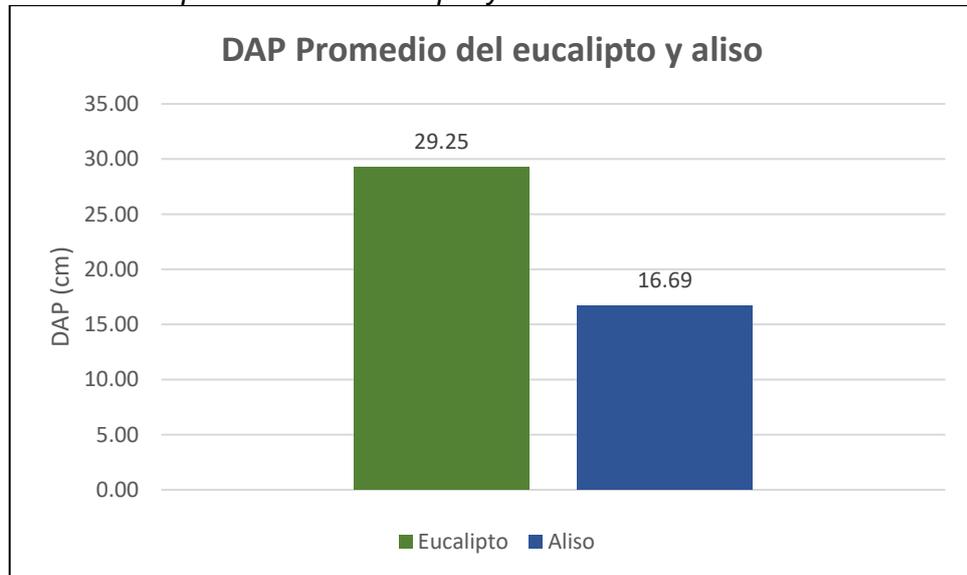
**Tabla 4**

*Diámetros y alturas promedio del eucalipto y aliso*

Especie	DAP promedio (cm)	Altura total promedio (m)
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	29,25	27,02
<i>Alnus acuminata</i>	16,69	11,31

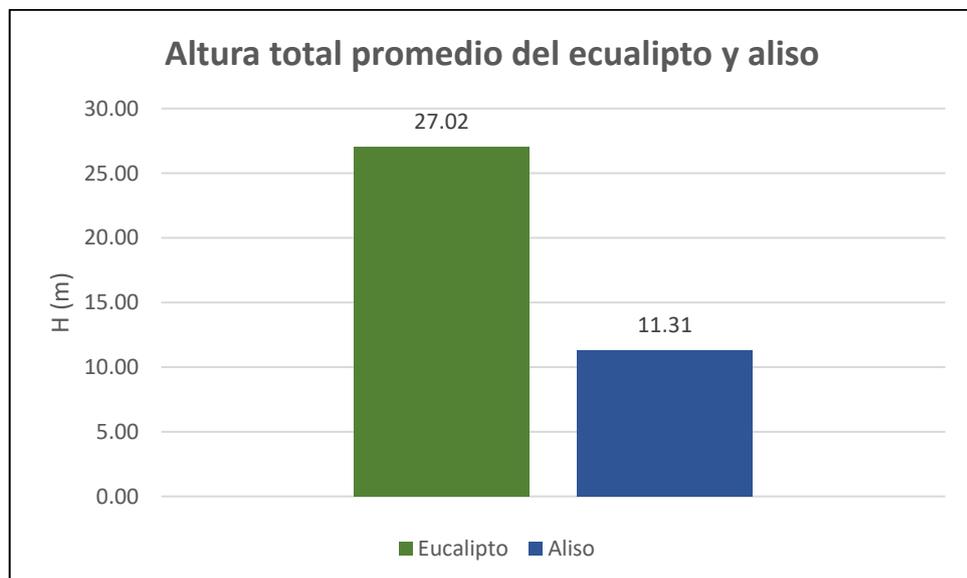
**Figura 7**

*Resultados del diámetro promedio del eucalipto y aliso.*



**Figura 8**

*Resultados de altura total promedio del eucalipto y aliso.*



### **3.2.2. Biomasa arbórea**

La biomasa aérea del eucalipto resultó 72,62 t, la biomasa radicular resultó 22,72 t, la biomasa total de la muestra y población resultaron 95,33 t y 190,67 t, respectivamente y la biomasa total por área fue de 373,86 t/ha.

La biomasa aérea del aliso resultó 11,51 t, la biomasa radicular fue de 2,75 t, la biomasa total de la muestra y población resultaron 14,26 t y 24,14 t, respectivamente, y la biomasa total por área fue de 39,58 t/ha.

En la tabla 5 se observa los resultados de la biomasa arbórea del eucalipto y aliso, asimismo, en la figura 9 se muestra la comparación entre las biomásas aérea, radicular y total de ambas especies, también en la figura 10 se aprecia la biomasa por unidad de área. En el ítem 4.2.1 se analizan estos resultados.

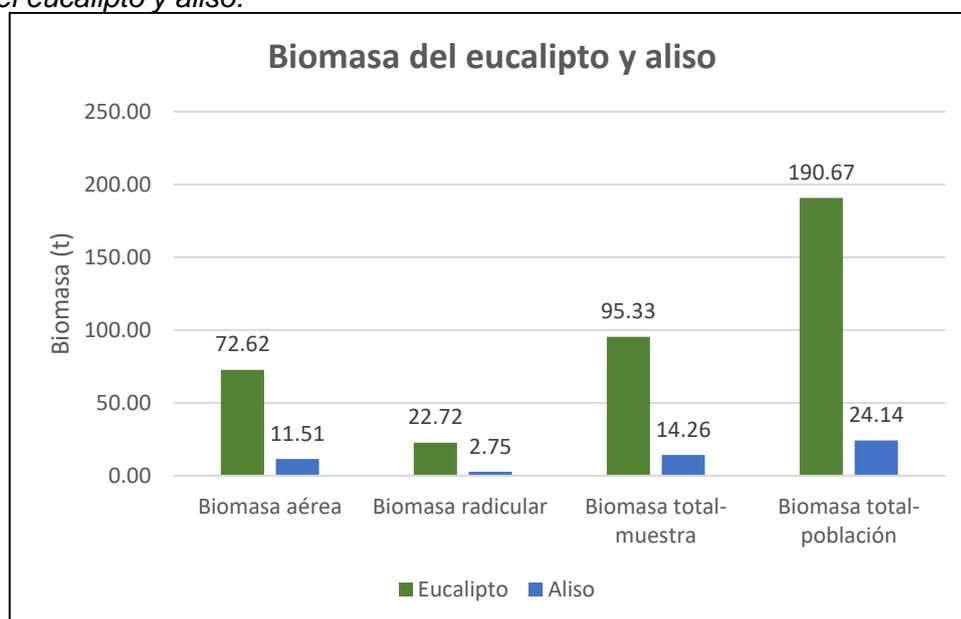
**Tabla 5**

*Resultados de biomasa arbórea*

<b>Especie</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Biomasa aérea (t)</b>	<b>Biomasa radicular (t)</b>	<b>Biomasa total muestra (t)</b>	<b>Biomasa total población (t)</b>	<b>Biomasa total/área (t/ha)</b>
<i><b>Eucalyptus globulus</b></i> Labill	0,51	72,62	22,72	95,33	190,67	373,86
<i><b>Alnus acuminata</b></i>	0,61	11,51	2,75	14,26	24,14	39,58

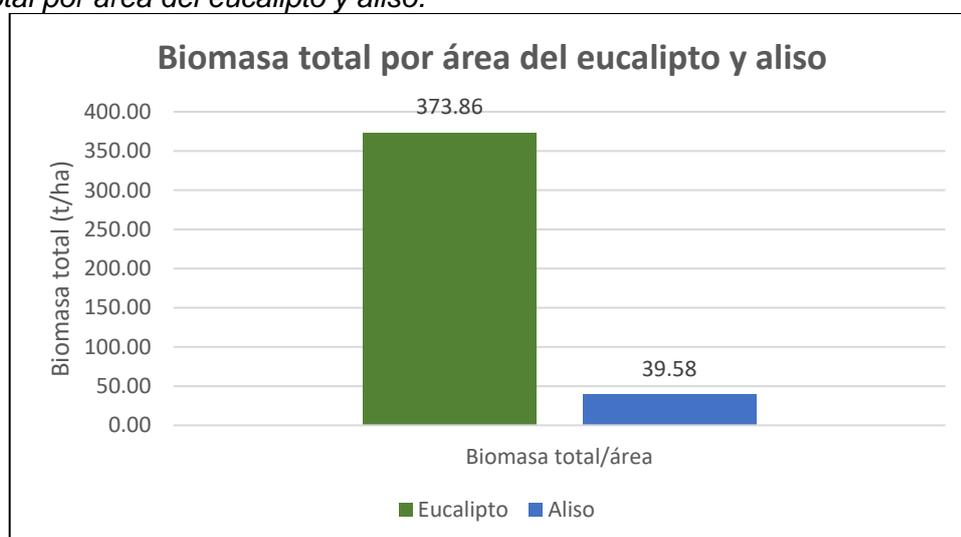
**Figura 9**

*Biomasa del eucalipto y aliso.*



**Figura 10**

*Biomasa total por área del eucalipto y aliso.*



### **3.2.3. Carbono almacenado**

El eucalipto resultó un total de 47,67 t de carbono en la muestra y 95,33 t en la población. Asimismo, el carbono total por área del eucalipto fue 186,93 t/ha. Por otra parte, el aliso obtuvo 7,13 t de carbono en la muestra y 12,07 t en la población; equivalente a 19,79 t/ha de carbono almacenado por unidad de área.

En la tabla 6 y en las figuras 11 y 12 se muestra los resultados del carbono total y carbono por área de ambas especies. En el ítem 4.2.1 se analizan estos resultados y en el 4.2.3 se compara con otras investigaciones.

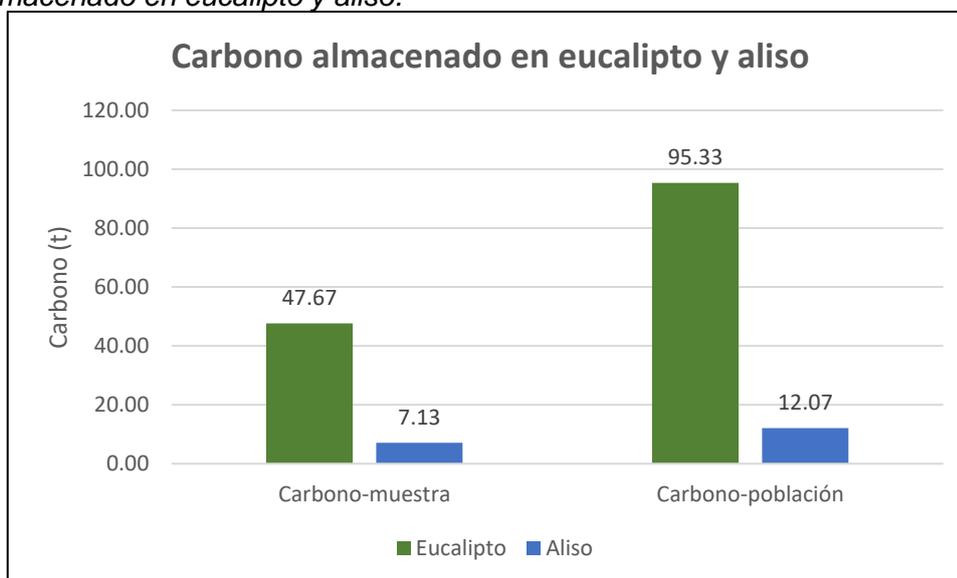
**Tabla 6**

*Resultados de carbono almacenado*

Especie	Área (ha)	Carbono-muestra (t)	Carbono-población (t)	Carbono/área (t/ha)
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	0,51	47,67	95,33	186,93
<i>Alnus acuminata</i>	0,61	7,13	12,07	19,79

**Figura 11**

*Carbono almacenado en eucalipto y aliso.*



**Figura 12**

*Carbono por área almacenado en eucalipto y aliso.*



### **3.2.4. Secuestro de dióxido de carbono**

La muestra de eucalipto secuestró 174,80 t de CO<sub>2</sub> y la población capturó 349,59 t CO<sub>2</sub>. Asimismo, el CO<sub>2</sub> secuestrado por área fue 685,47 tCO<sub>2</sub>/ha. Por otro lado, la muestra de aliso secuestró 26,14 t de dióxido de carbono y la población capturó 44,27 t CO<sub>2</sub>, ello equivale a 72,57 tCO<sub>2</sub>/ha secuestrado por unidad de área.

Además, la captura de CO<sub>2</sub> por cada árbol resultó, para el eucalipto, 1,165 tCO<sub>2</sub>/árbol y para el aliso, 0,174 tCO<sub>2</sub>/árbol.

En la tabla 7 y en las figuras 13 y 14 se presentan los resultados del secuestro de dióxido de carbono del eucalipto y aliso. En el ítem 4.2.1 se analizan estos resultados y en el ítem 4.2.3 se compara con otras investigaciones.

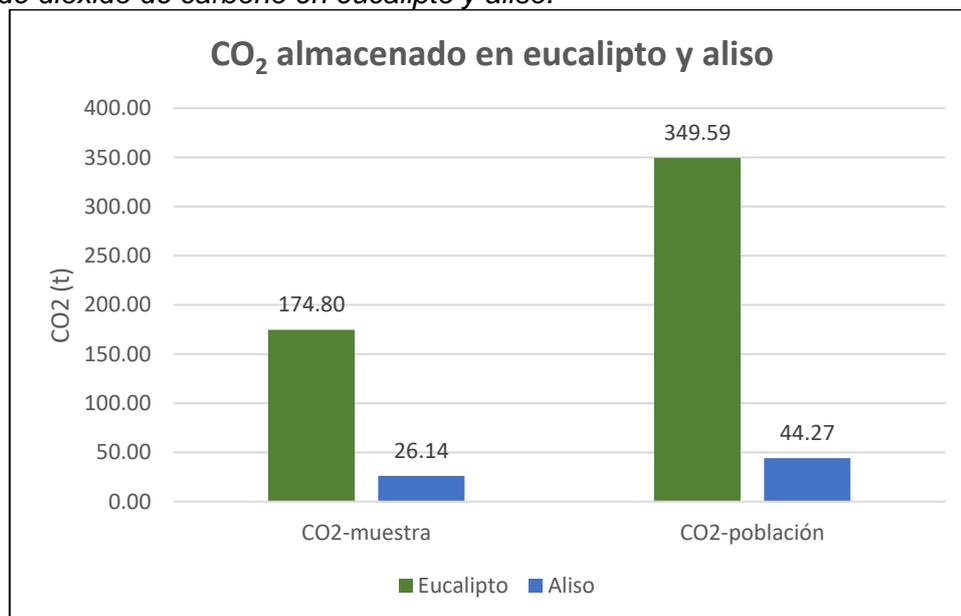
**Tabla 7**

*Resultados del secuestro de dióxido de carbono*

Especie	Área (ha)	CO <sub>2</sub> -muestra (t)	CO <sub>2</sub> -población (t)	CO <sub>2</sub> /área (tCO <sub>2</sub> /ha)	CO <sub>2</sub> /árbol (tCO <sub>2</sub> /árbol)
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	0,51	174,80	349,59	685,47	1,165
<i>Alnus acuminata</i>	0,61	26,14	44,27	72,57	0,174

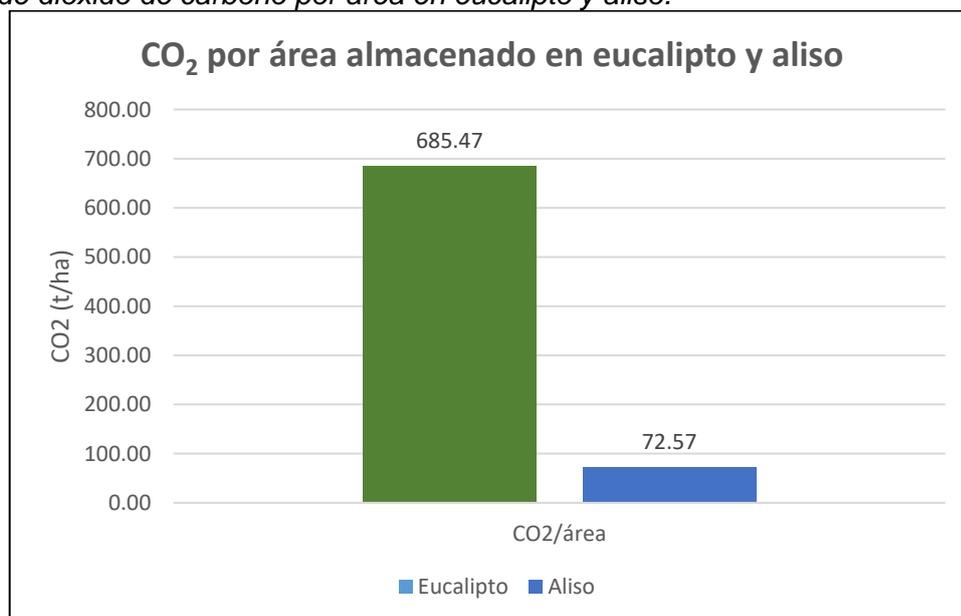
**Figura 13**

*Secuestro de dióxido de carbono en eucalipto y aliso.*



**Figura 14**

*Secuestro de dióxido de carbono por área en eucalipto y aliso.*



### **3.2.5. Valor económico del secuestro de dióxido de carbono**

El precio del CO<sub>2</sub> en el Perú es de 7,17 \$/tCO<sub>2</sub>e (MEF, 2017), en el Sistema de Comercio de Emisiones (Emissions Trading System - ETS, en inglés) de China, es de 9,12 \$/tCO<sub>2</sub>e y en el ETS de la Unión Europea (EU, por sus siglas en inglés) es de 82,54 \$/tCO<sub>2</sub>e (The International Carbon Action Partnership, 2022). Dichos precios están presentados en

la tabla 8. Cabe indicar que los precios de China y la Unión Europea corresponden el precio promedio del mes de marzo del 2022.

En la tabla 9 y figura 15 se muestra el valor económico total del secuestro de CO<sub>2</sub> de ambas especies, y en la tabla 10 y figura 16, se observa el valor por área con los precios de CO<sub>2</sub> de Perú, China y la Unión Europea. En el ítem 4.2.2 se analizan estos resultados y en los ítems 4.2.4 y 4.2.5, se explican los mercados de carbono donde se aplica la valoración económica de este servicio ecosistémico.

**Tabla 8**

*Precios del CO<sub>2</sub> en Perú, China y La Unión Europea*

Precio CO <sub>2</sub> Perú (\$/tCO <sub>2e</sub> )	Precio CO <sub>2</sub> China ETS - marzo 2022 (\$/tCO <sub>2e</sub> )	Precio CO <sub>2</sub> Unión Europea ETS - marzo 2022 (\$/tCO <sub>2e</sub> )
7,17	9,12	82,54

*Nota: Precio del CO<sub>2</sub> en China: 57.85 ¥, tasa de cambio a dólar 1 ¥ = 0,15765 \$ (marzo 2022). Precio del CO<sub>2</sub> en la Unión Europea: 74.91 €, tasa de cambio a dólar 1 € = 1,10183 \$ (marzo 2022).*

**Tabla 9**

*Valor económico total del secuestro de CO<sub>2</sub> con precios de diferentes países.*

Especie	Área (ha)	CO <sub>2</sub> - población (tCO <sub>2</sub> )	VE total Perú (\$)	VE total China ETS - marzo 2022 (\$)	VE total UE ETS - marzo 2022 (\$)
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	0,51	349,59	2 506,56	3 188,27	28 855,21
<i>Alnus acuminata</i>	0,61	44,27	317,40	403,73	3 653,89

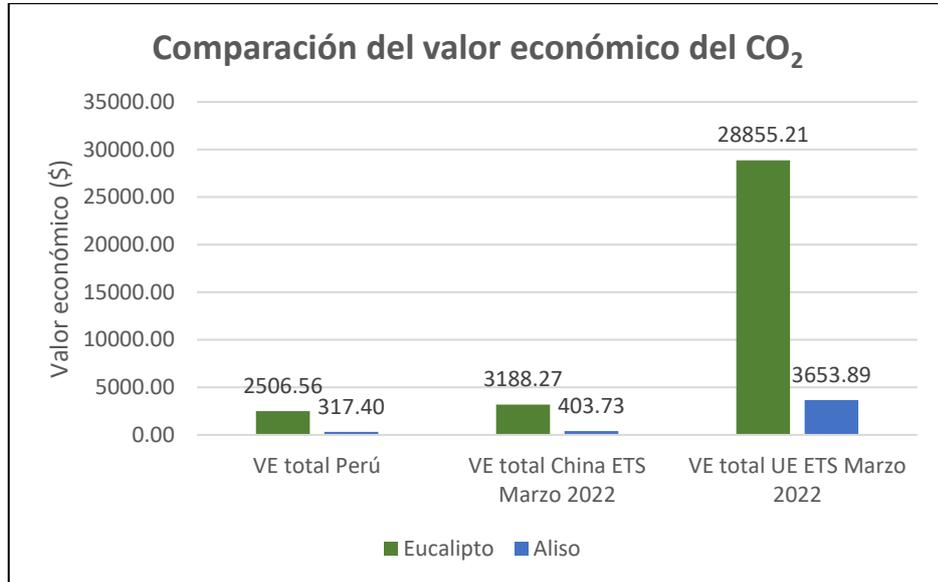
**Tabla 10**

*Valor económico por área del secuestro de CO<sub>2</sub> con precios de diferentes países.*

Especie	Área (ha)	CO <sub>2</sub> /área (tCO <sub>2</sub> /ha)	VE/área Perú (\$/ha)	VE/área China ETS - marzo 2022 (\$/ha)	VE/área UE ETS - marzo 2022 (\$/ha)
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	0,51	685,47	4 914,83	6 251,50	56 578,85
<i>Alnus acuminata</i>	0,61	72,57	520,33	661,85	5 989,99

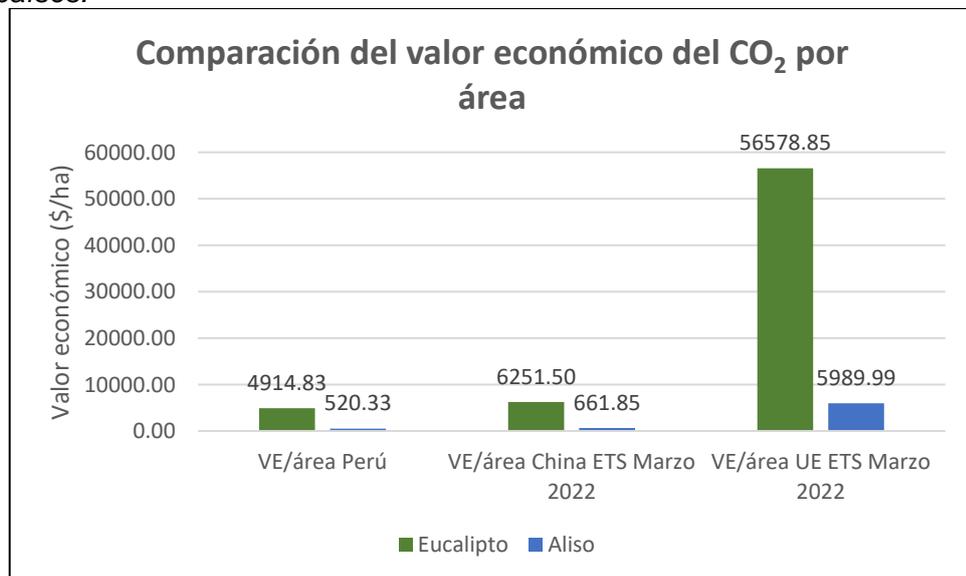
**Figura 15**

*Comparación del valor económico total del secuestro de CO<sub>2</sub> con precios de diferentes países.*



**Figura 16**

*Comparación del valor económico por área del secuestro de CO<sub>2</sub> con precios de diferentes países.*



## Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

### 4.1. Contrastación de las hipótesis

#### 4.1.1. Contrastación de la hipótesis general

En este ítem se presenta la contrastación de la hipótesis general mediante la prueba de normalidad y la prueba estadística U de Mann-Whitney.

##### Hipótesis general

H<sub>a</sub>: Existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> de una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> en una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

##### a) Prueba de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov porque el tamaño de la muestra de ambas especies es mayor a 50. En la siguiente figura se muestra el resultado de la prueba de normalidad para las biomásas arbóreas de ambas especies realizada a través del programa SPSS.

**Figura 17**

*Prueba de normalidad de los valores económicos del secuestro de CO<sub>2</sub> del eucalipto y aliso.*

Tests of Normality						
Especie	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VE_CO2 Eucalipto	,055	150	,200*	,967	150	,001
Aliso	,249	150	,000	,526	150	,000

\*. This is a lower bound of the true significance.  
a. Lilliefors Significance Correction

De la prueba de Kolmogorov-Smirnov se observa que la significancia del valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> del eucalipto es de 0.200 > 0.05 (p-valor), es decir,

presenta una distribución normal. En contraste, para el caso del aliso, la significancia es mucho menor a 0.05 (p-valor), es decir, presenta una distribución no normal.

Como uno de los grupos analizados es de tipo no normal; entonces, la prueba estadística, para determinar la diferencia significativa entre ambas especies, debe ser de tipo no paramétrica.

### **b) Prueba U de Mann-Whitney**

La determinación de diferencia significativa se realizó mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney porque es específica para comparar las medianas de dos muestras independientes que presentan distribución no normal. En la figura 18 se muestra los resultados de la prueba U de Mann-Whitney en el SPSS.

**Figura 18**

*Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para la hipótesis general.*

<b>Total N</b>	300
<b>Mann-Whitney U</b>	590,000
<b>Wilcoxon W</b>	11.915,000
<b>Test Statistic</b>	590,000
<b>Standard Error</b>	751,215
<b>Standardized Test Statistic</b>	-14,190
<b>Asymptotic Sig. (2-sided test)</b>	,000

El p-valor resultante de la prueba U de Mann-Whitney fue mucho menor a 0.05, por ello, se concluye que los valores económicos de secuestro de CO<sub>2</sub> del eucalipto y aliso son diferentes significativamente.

Además, de los resultados mostrados en el ítem 3.2.5 y de la tabla 11 se afirma que el valor económico de la muestra de eucalipto es 5.69 veces mayor que del aliso. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

**Tabla 11***Diferencia entre los valores económicos del eucalipto y aliso*

Especie	Número de muestra	VE total Perú - muestra (\$)	Diferencia del eucalipto respecto del aliso
<b>Eucalyptus globulus Labill</b>	150	1253,28	5,69
<b>Alnus acuminata</b>	150	187,44	

#### **4.1.2. Contrastación de las hipótesis específicas**

##### **4.1.2.1. Contrastación de la primera hipótesis específica.**

En este ítem se presenta la contrastación de la hipótesis específica 1 mediante la prueba de normalidad y la prueba estadística U de Mann-Whitney.

##### **Hipótesis específica 1:**

$H_{a1}$ : La cantidad de biomasa arbórea de la plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) es mayor que del aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

$H_{01}$ : La cantidad de biomasa arbórea de la plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) no es mayor que del aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

##### **c) Prueba de normalidad**

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov porque el tamaño de la muestra de ambas especies es mayor a 50. En el siguiente gráfico se muestra el resultado de la prueba de normalidad para las biomásas arbóreas de ambas especies realizada a través del programa SPSS.

## Figura 19

Prueba de normalidad de las biomosas arbóreas de eucalipto y aliso.

Tests of Normality							
Especie		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Biomasa_arborea	Eucalipto	,055	150	,200*	,967	150	,001
	Aliso	,249	150	,000	,526	150	,000

\*. This is a lower bound of the true significance.  
a. Lilliefors Significance Correction

De la prueba de Kolmogorov-Smirnov se observa que la significancia de la biomasa arbórea del eucalipto es de 0.200 > 0.05 (p-valor), es decir, presenta una distribución normal. En contraste, la significancia de la biomasa arbórea del aliso es mucho menor a 0.05 (p-valor), es decir, presenta una distribución no normal.

Como uno de los grupos de biomosas es de tipo no normal; entonces, la prueba estadística, para determinar la diferencia significativa entre ambas especies, debe ser de tipo no paramétrica.

### d) Prueba U de Mann-Whitney

La determinación de diferencia significativa se realizó mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney porque es específica para comparar las medianas de dos muestras independientes que presentan distribución no normal. En la figura 20 se muestra los resultados de la prueba U de Mann-Whitney en el SPSS.

## Figura 20

Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para la H1.

Total N	300
Mann-Whitney U	591,000
Wilcoxon W	11.916,000
Test Statistic	591,000
Standard Error	751,218
Standardized Test Statistic	-14,189
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,000

El p-valor resultante de la prueba U de Mann-Whitney fue mucho menor a 0.05, por ello, se concluye que las biomásas arbóreas de eucalipto y aliso son diferentes significativamente.

Además, de los resultados mostrados en el ítem 3.2.2 y de la tabla 12, se afirma que la biomasa arbórea de la muestra de eucalipto es 5.69 veces mayor que del aliso. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

**Tabla 12**

*Diferencia entre las biomásas arbóreas del eucalipto y aliso*

Especie	Número de muestra	Biomasa total-muestra (t)	Diferencia del eucalipto respecto del aliso
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	150	95,33	5,69
<i>Alnus acuminata</i>	150	14,26	

#### 4.1.2.2. Contrastación de la segunda hipótesis específica.

En este ítem se presenta la contrastación de la hipótesis específica 2 mediante la prueba de normalidad y la prueba estadística U de Mann-Whitney.

##### **Hipótesis específica 2:**

H<sub>a2</sub>: La cantidad de carbono y CO<sub>2</sub> secuestrada por la plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) es mayor que la secuestrada por el aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

H<sub>o2</sub>: La cantidad de carbono y CO<sub>2</sub> secuestrada por la plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) no es mayor que la secuestrada por el aliso (*Alnus acuminata*) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.

##### **a) Prueba de normalidad**

En el siguiente gráfico se muestra el resultado de la prueba de normalidad, para el contenido de carbono y secuestro de CO<sub>2</sub> de ambas especies, realizada a través del programa SPSS.

**Figura 21**

*Prueba de normalidad del contenido de carbono de ambas especies.*

Tests of Normality						
Especie	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Carbono Eucalipto	,055	150	,200 <sup>*</sup>	,967	150	,001
Aliso	,249	150	,000	,526	150	,000

\*. This is a lower bound of the true significance.  
a. Lilliefors Significance Correction

**Figura 22**

*Prueba de normalidad del secuestro de CO<sub>2</sub> de ambas especies.*

Tests of Normality						
Especie	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
CO2 Eucalipto	,055	150	,200 <sup>*</sup>	,967	150	,001
Aliso	,249	150	,000	,526	150	,000

\*. This is a lower bound of the true significance.  
a. Lilliefors Significance Correction

De la prueba de Kolmogorov-Smirnov se observa que la significancia del contenido de carbono y secuestro de CO<sub>2</sub> del eucalipto es de 0.200 > 0.05 (p-valor), es decir, presentan una distribución normal. En contraste, la significancia del contenido de carbono y secuestro de CO<sub>2</sub> del aliso es mucho menor a 0.05 (p-valor), es decir, presentan una distribución no normal.

Como la muestra de aliso es de tipo no normal; entonces, la prueba estadística, para determinar la diferencia significativa entre el contenido de carbono y secuestro de CO<sub>2</sub> de ambas especies, debe ser de tipo no paramétrica.

### **b) Prueba U de Mann-Whitney**

La determinación de diferencia significativa se realizó mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney porque es específica para comparar las medianas de dos muestras independientes que presentan distribución no normal. Los cálculos se realizaron mediante el software SPSS.

En la figura 23 se muestra los resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el contenido de carbono y en la figura 24, para el secuestro de CO<sub>2</sub>.

### Figura 23

*Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para el contenido de carbono.*

<b>Total N</b>	300
<b>Mann-Whitney U</b>	591,000
<b>Wilcoxon W</b>	11.916,000
<b>Test Statistic</b>	591,000
<b>Standard Error</b>	751,218
<b>Standardized Test Statistic</b>	-14,189
<b>Asymptotic Sig. (2-sided test)</b>	,000

### Figura 24

*Resultado de la prueba U de Mann-Whitney para el secuestro de CO<sub>2</sub>.*

<b>Total N</b>	300
<b>Mann-Whitney U</b>	591,000
<b>Wilcoxon W</b>	11.916,000
<b>Test Statistic</b>	591,000
<b>Standard Error</b>	751,218
<b>Standardized Test Statistic</b>	-14,189
<b>Asymptotic Sig. (2-sided test)</b>	,000

El p-valor resultante de la prueba U de Mann-Whitney, de ambos casos, fue mucho menor a 0.05, por ello, se concluye que las medianas de los contenidos de carbono y secuestro de CO<sub>2</sub> de eucalipto y aliso son diferentes significativamente.

Además, de los resultados mostrados en los ítems 3.2.3 y 3.2.4, y de la tabla 13, se afirma que el contenido de carbono y secuestro de CO<sub>2</sub> en la muestra de eucalipto es 5.69 veces mayor que del aliso. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

**Tabla 13***Diferencia entre el carbono total del eucalipto y aliso*

<b>Especie</b>	<b>Número de muestra</b>	<b>Carbono - muestra (t)</b>	<b>CO<sub>2</sub> - muestra (t)</b>	<b>Diferencia del carbono capturado del eucalipto respecto del aliso</b>	<b>Diferencia del CO<sub>2</sub> secuestrado del eucalipto respecto del aliso</b>
<i><b>Eucalyptus globulus</b></i>	150	47,67	174,80		
<b>Labill</b>				5,69	5,69
<i><b>Alnus acuminata</b></i>	150	7,13	26,14		

## **4.2. Análisis de resultados**

En este ítem se realiza el análisis de los resultados de biomasa, carbono, secuestro de CO<sub>2</sub> y su valoración económica. Además, se compara los resultados de investigaciones de otros autores, se analiza los mercados de carbono internacional y nacional, y se explica la aplicación de la investigación en la valoración de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

### **4.2.1. Análisis de la biomasa, carbono y secuestro de CO<sub>2</sub>**

La biomasa presentó una marcada diferencia entre las especies de eucalipto y aliso. La plantación de eucalipto presentó una biomasa total de 190,67 t en toda la población de 300 plantones, en comparación, del bosque natural de aliso que presentó un total de 24,14 t en toda la población de 254 árboles.

Asimismo, el contenido de carbono estimado del eucalipto fue mayor que del aliso. La plantación de eucalipto presentó 95,33 t de carbono almacenado en la población, en contraste del bosque de aliso que presentó un total de 12,07 t en toda la población.

Por ello, la plantación de eucalipto capturó una mayor cantidad de dióxido de carbono en comparación al bosque de aliso. El eucalipto secuestró 349,59 tCO<sub>2</sub> en toda la población y el aliso obtuvo un secuestro de 44,27 tCO<sub>2</sub>; es decir, la plantación de eucalipto secuestró 6,90 veces más que el bosque nativo de aliso.

Respecto al secuestro de CO<sub>2</sub> por área, se estimó que el eucalipto obtiene un secuestro de 685,47 tCO<sub>2</sub>/ha y el aliso, 72,57 tCO<sub>2</sub>/ha. Además, la captura de CO<sub>2</sub> promedio por unidad del eucalipto fue 1,165 tCO<sub>2</sub>/árbol y del aliso, 0,174 tCO<sub>2</sub>/árbol, es decir, en promedio, cada árbol de eucalipto secuestró 5.70 veces más que un árbol de aliso.

El mayor secuestro de CO<sub>2</sub> por parte del eucalipto se debe a diferentes factores como su alta adaptabilidad en las zonas andinas, por ejemplo, en Cusco, Junin, Pasco, Cajamarca, Ancash y Huánuco. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019b), el eucalipto se presenta en altitudes entre 1400 a 3800 m.s.n.m. y se adaptan en zonas con precipitación que varían entre 620 y 4 600 mm y temperaturas media entre -8 °C y 40 °C,

por ello el distrito de Jircán, que se encuentra a una altitud de 3200 m.s.n.m., es una zona de gran adaptación de esta especie.

Otro factor, es la edad, los plántones de eucalipto tienen 20 años en promedio, de acuerdo con el presidente de la Comunidad Campesina de Jircán, en cambio el bosque de aliso tiene 10 años en promedio, de acuerdo al Sr. Joel Vidal (hijo del propietario). Además, el eucalipto presentó mayor altura y DAP, variables que están directamente relacionadas al mayor almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

Según un estudio en Chile, la edad más rentable para el corte del eucalipto es entre 12 a 15 años para el uso en madera y obtención de celulosa para fabricación de papel (Acevedo, 2008). Por otro lado, para el aliso, la Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero de Ecuador (1997) propone que el corte del aliso debería realizarse en función del uso de la madera, de 5 a 8 años, para leña, de 12 años para tablas y de 17 años para madera aserrada y artesanía, a su vez, el árbol puede tener una vida hasta los 30 años. Como se observa, la edad óptima para el corte de una plantación variará en función del uso final y dependerá de las condiciones de manejo de suelo, agua, fertilizantes, etc. que se realice.

#### **4.2.2. Análisis del valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub>**

El valor económico de la plantación de eucalipto resultó mayor que el bosque de aliso. Se explica porque el eucalipto presentó mayor secuestro de CO<sub>2</sub> lo que se traduce a un valor económico superior. Sin embargo, dicha valoración varía según el precio de carbono que se aplique. En la presente tesis se utilizó los precios de Perú, China y la Unión Europea. precio de Perú fue fijado por el MEF el año 2017 para proyectos de inversión pública y no ha sido cambiado hasta la fecha (MEF, 2017). En cambio, los precios de China y Europa cambian mensualmente porque tienen establecido un Sistema de Comercio de Emisiones (SCE), lo que conlleva a una variación del precio del carbono en función del mercado (The International Carbon Action Partnership, 2022).

Como lo presentado en el ítem 3.2 Resultados, se observa que el precio en la Unión Europea es mucho mayor (82,54 \$/tCO<sub>2</sub>e), con respecto de China (9,12 \$/tCO<sub>2</sub>e) y Perú

(7,17 \$/tCO<sub>2</sub>e). Ello se debe porque la Unión Europea tiene un SCE sólido desde el 2005 lo cual permitió una alta competitividad en la reducción y compensación de CO<sub>2</sub> entre las empresas.

Por su parte, China mantiene un precio bajo de CO<sub>2</sub> con el fin de impulsar la participación del sector privado en el SCE. China implementó dicho sistema en febrero del 2021 con una participación obligatoria de 2 100 grandes compañías del sector energía, cubriendo 4 500 millones de tCO<sub>2</sub>e en el 2021, lo que equivale al 30% de las emisiones nacionales de China (The World Bank, 2022). Esta estrategia de mantener bajo el precio permite una mayor participación del sector privado en los primeros años de implementación de un SCE.

Por otro lado, en el caso peruano, el Ministerio de Economía y Finanzas estableció el precio del CO<sub>2</sub> el año 2017 (7,17 \$/tCO<sub>2</sub>e) con la finalidad de aplicarlo en la evaluación del beneficio o costo social de los proyectos de inversión pública según el aumento o reducción de GEI en dichos proyectos. A pesar de ello, es necesario que el precio se actualice según un análisis de mercado del carbono en el marco nacional e internacional. Se analiza con mayor detalle el mercado de carbono del Perú en el ítem 4.2.5.

### **4.2.3. Comparación de resultados entre diferentes autores**

#### **4.2.3.1. Comparación de investigaciones de eucalipto.**

Cárdenas (2016), estimó la captura de carbono en una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) de 15 años en Catac, provincia de Recuay, departamento de Ancash. Cárdenas obtuvo un almacenamiento de 73,33 tC/ha en la biomasa aérea y 21,98 tC/ha en la biomasa subterránea, en total obtuvo 95,31 tC/ha. Si se realiza la conversión del carbono a CO<sub>2</sub>, según el método indicado en el ítem 3.1.8.3 inciso “d”, se puede deducir que la plantación de eucalipto obtuvo un secuestro de 349,50 tCO<sub>2</sub>/ha.

Alfaro (2017), estimó la captura de carbono en rebrotes de eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) ubicados en el caserío de Motil, distrito de Agallpampa, provincia de Otuzco, departamento de La Libertad. En el sector III, que albergaba rebrotes de 7 años, obtuvo una captura de carbono aéreo, mediante el método destructivo, de 37,39 t/ha. Si se

realiza la conversión a CO<sub>2</sub>, mediante el método planteado en el ítem 3.1.8.3 inciso “d”, se puede deducir que, el conjunto de rebrotes del sector III, estudiado por Alfaro, resultó un secuestro aéreo de 137,11 tCO<sub>2</sub>/ha.

A continuación, se muestra en la tabla 14, la comparación de los resultados de la tesis con las investigaciones de Alfaro (2017) y Cárdenas (2016), ordenados según la edad promedio de la plantación.

**Tabla 14**

*Comparación de investigaciones sobre eucalipto*

<b>Autor</b>	<b>Lugar de estudio</b>	<b>Año de la investigación</b>	<b>Edad promedio</b>	<b>Método de estimación de Biomasa</b>	<b>tC/ha</b>	<b>tCO<sub>2</sub>/ha</b>
<b>Vidal, Jharison</b>	Distrito Jircán, provincia Huamalíes, Huánuco	2022	20	Ecuación específica de Vega-Nieva 2015	186,93	685,47
<b>Cárdenas, Roy</b>	Distrito Catac, provincia Recuay, Ancash	2016	15	Ecuación alométrica general de Brown 1997	95,31	349,50
<b>Alfaro, Rafael</b>	Distrito Agallpampa, provincia Otuzco, La Libertad	2017	7	Método Destructivo	37,39	137,11

*Nota. Las investigaciones presentadas, solo estimaron el carbono por área. El valor de tCO<sub>2</sub>/ha se obtuvo a través de la multiplicación del carbono por su factor de conversión 3,667.*

En comparación con la presente tesis, el resultado obtenido de secuestro de CO<sub>2</sub> fue de 685,47 tCO<sub>2</sub>/ha, es decir, fue mayor en 335,97 47 tCO<sub>2</sub>/ha con lo obtenido por Cárdenas (2016) y mayor en 548,36 tCO<sub>2</sub>/ha respecto a lo obtenido por Alfaro (2017).

Estas diferencias se explican porque la plantación de eucalipto estudiada tiene 20 años en promedio (mayor edad que las tesis en comparación), lo cual genera que los árboles tengan mayor altura y DAP, es decir, mayor biomasa forestal y por ende una mayor captura de carbono y CO<sub>2</sub>.

Además, existe diferencias en la metodología para la estimación de la biomasa forestal. El método utilizado por Cárdenas, para la estimación de la biomasa aérea, es una

ecuación alométrica general de Brown planteada el año 1997 y para la biomasa radicular utiliza el factor de 0,30 respecto de la biomasa aérea, dicho método no toma en cuenta las características específicas del eucalipto para estimar la biomasa. Asu vez, Alfaro, aplica el método destructivo, es decir, un método basado en el análisis de laboratorio de muestras de eucalipto, sin embargo, en su estudio, solo estima la biomasa aérea y por ende obtiene menor almacenamiento de carbono.

En contraste, en la presente tesis, se utilizó ecuaciones alométricas específicas para el *Eucalyptus globulus* Labill, tanto para la biomasa aérea y la radicular, lo que genera mayor confiabilidad en el resultado. La ecuación específica utilizada, se obtuvo por la investigación de Vega-Nieva, et al. (2015) quienes aplicaron métodos estadísticos y análisis de laboratorio de una muestra de eucalipto.

También se debe tomar en cuenta que Alfaro, analizó rebrotes de eucaliptos, es decir, no son plantaciones como el caso de estudio de la presente tesis, lo que podría influir en generar menor biomasa y por ende menor captura de CO<sub>2</sub>.

#### **4.2.3.2. Comparación de investigaciones de aliso.**

Para el caso del aliso, Aulestia-Guerrero et al. (2018), estimaron el contenido de carbono en un bosque de aliso (*Alnus acuminata*) de 11 años ubicada en el Parque Nacional Podocarpus, provincia de Loja, Ecuador. En dicha investigación, obtuvieron una captura de 23,34 tC/ha y 85,59 tCO<sub>2</sub>/ha del bosque de aliso.

En esa misma línea, Villacis (2012), estimó la captura de carbono de una plantación de aliso (*Alnus acuminata*) de 3 años de edad en la localidad de Florida Pomacochas, provincia de Bongará, departamento de Amazonas. Como resultado, obtuvo una captura de 14,89 tC/ha. Si se realiza la conversión del carbono a CO<sub>2</sub>, según el método indicado en el ítem 3.1.8.3 inciso “d”, se puede deducir que la plantación de aliso obtuvo un secuestro de 54,60 tCO<sub>2</sub>/ha.

A continuación, se muestra en la tabla 15, la comparación de la tesis con los resultados de las investigaciones de Villacis (2012) y Aulestia-Guerrero et al. (2018), ordenados según la edad promedio del aliso.

**Tabla 15***Comparación con otras investigaciones del aliso*

<b>Autor</b>	<b>Lugar de estudio</b>	<b>Año de la investigación</b>	<b>Edad promedio</b>	<b>Método de estimación de Biomasa</b>	<b>tC/ha</b>	<b>tCO<sub>2</sub>/ha</b>
<b>Aulestia-Guerrero et al.</b>	Parque Nacional Podocarpus, provincia Loja, Ecuador	2018	11	Ecuación general con volumen, densidad y factor de expansión	23,34	85,59
<b>Vidal, Jharison</b>	Jircán, Huamalíes, Huánuco	2022	10	Ecuación específica de Aquino 2013	19,79	72,57
<b>Villacis, José</b>	Distrito Florida, provincia Pomacochas Amazonas	2012	3	Ecuación alométrica general de Brown 1997	14,89	54,6

*Nota: Villacis, solo estimó el carbono por área. El valor de tCO<sub>2</sub>/ha se obtuvo a través de la multiplicación del carbono por su factor de conversión 3,667.*

En contraste con la presente tesis, el contenido de CO<sub>2</sub> del aliso fue 72.57 tCO<sub>2</sub>/ha, es decir, fue menor en 13,02 tCO<sub>2</sub>/ha respecto a lo obtenido por Aulestia-Guerrero et al. (2018). Ello, se explica porque el bosque de aliso en estudio tiene 10 años de edad en promedio y el estudiado por Aulestia-Guerrero et al. tiene 11 años, es decir, tiene mayor edad que el bosque de la presente tesis.

En cambio, es mayor en 17,97 tCO<sub>2</sub>/ha respecto a lo obtenido por Villacis (2012), ello porque el bosque en estudio tiene mayor edad que el bosque estudiado por Villacis.

Además, se tienen diferencias en la metodología aplicada. Para el caso, Aulestia-Guerrero et al. utilizaron ecuaciones generales mediante la estimación del volumen, densidad y factor de expansión. Asu vez, Villacis aplicó la ecuación alométrica general de Brown de 1997 aplicable a bosques tropicales. En contraste, en la presente tesis se aplicó una ecuación alométrica específica para el aliso obtenida mediante el método destructivo por Aquino (2013).

En consecuencia, de las comparaciones con investigaciones relacionadas a la captura de carbono de eucalipto y aliso se colige que el secuestro de CO<sub>2</sub> será mayor cuando la plantación o bosque tenga mayor edad, ello porque se tendrá mayor DAP y altura lo que se traduce a mayor biomasa forestal. Además, los resultados pueden variar según el método aplicado, ya sea el método destructivo (directo) o no destructivo (indirecto), utilizando, en este último caso, ecuaciones alométricas según el tipo de especie.

#### **4.2.4. Análisis de los mercados de carbono en el mundo**

Existen dos tipos de mercados de carbono, los mercados regulados y los voluntarios. Para este ítem se analiza el mercado regulado a través de instrumentos de fijación del precio de carbono. En el marco teórico se describe dos tipos de instrumentos: El sistema de comercio de emisiones (SCE) y el impuesto al carbono. En los siguientes párrafos se presenta casos de aplicación del SCE en Europa y en la región latinoamericana.

En la Unión Europea (UE), el SCE se implementó a través de la Directiva 87/2003/EC, aprobada el 13.10.2003, cuyo funcionamiento comenzó el año 2005, con el fin de cumplir los objetivos de reducción de emisiones establecidos en el Protocolo de Kyoto (Del Río & Labandeira, 2008).

El sistema funciona mediante la política de “cap-and-trade” (tope y comercio) que se basa en establecer un límite de emisiones a los sectores productivos que generan mayores emisiones de GEI y el precio del CO<sub>2</sub> se determina por el mercado. La UE divide los derechos de emisión para cada sector, los cuales permiten la emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>-e). Los derechos de emisión son, en parte, subastados y otros entregados gratuitamente, según los parámetros de la UE, y luego son comerciados entre las empresas. Posteriormente, cada Estado miembro solicita, de forma anual, los derechos de emisión de cada instalación según sus emisiones anuales, con lo cual registra la cantidad de emisiones nacionales y su estado de reducción. En caso de incumplimiento, se asignan multas para garantizar el funcionamiento del sistema.

Este sistema contribuye al cumplimiento al objetivo de reducir el 55% de GEI al 2030, adoptado por la UE en el Acuerdo de París. Según el último informe del Parlamento

Europeo del 2022, el SCE cubre más del 40% de las emisiones de GEI de la Unión Europea que comprende, en promedio, a 10 000 instalaciones de los sectores industriales, generación eléctrica y aeronaves (European Parliamentary Research Service, 2022).

En la región, los instrumentos de fijación de precio al carbono están en proceso de implementación en algunos países. En México, se cuenta con el impuesto al carbono aplicado a los productores e importadores de combustibles fósiles que varía entre 0.40 y 3.20 USD por tonelada de CO<sub>2</sub>, excepto el gas natural (Banco Mundial, 2021). Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, el impuesto al carbono ha permitido reducir, aproximadamente, 1.8 MtCO<sub>2</sub> por año (SEMARNAT, 2017).

A su vez, se ha iniciado con la fase piloto del SCE. La fase de prueba abarca los años 2020 y 2021, una fase de transición el 2022 e iniciará operación el año 2023 (Banco Mundial, 2021). La primera fase tiene como alcance el sector industrial y energético que emitan más de 100 000 tCO<sub>2</sub> al año y busca impulsar la reducción y compensación de emisiones mediante proyectos de gestión forestal. Además, México mantiene, desde el 2013, el comercio voluntario de carbono mediante la Plataforma de Carbono de México (MEXICO2) con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Gobierno del Reino Unido (BID, 2021).

En Brasil, se tiene un mercado de carbono voluntario que se ejecuta, principalmente, mediante proyectos REDD+. El 90% de dichos proyectos son certificados mediante el organismo internacional Verra bajo el Estándar de Verificación de Carbono (VCS, por sus siglas en inglés). Según el Informe del BID (2021) sobre la Situación y tendencias de los mercados de carbono de cumplimiento y voluntarios en América Latina, Brasil es el mayor emisor de créditos de carbono en América Latina. Desde 2020, se cuenta con el Programa Floresta+ que fomenta el pago por las actividades de conservación de vegetación autóctona y asegura el retorno de la inversión (BID, 2021).

En Chile, se aplicó, desde el 2017, el impuesto de 5\$ por tonelada de CO<sub>2</sub> emitidos por empresas que cuenten con calderas o turbinas con una potencia mayor o igual de 50MW. Además, se cuenta con un mercado voluntario mediante proyectos AFOLU

(Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra) y el comercio de los créditos de carbono se realizan en la Bolsa de Clima de Santiago, desde el 2009 (Asesoría Técnica Parlamentaria de Chile, 2018).

En adición, mediante la Ley Marco de Cambio Climático de Chile, Ley 21455, publicada el 13.06.2022, se implementará un sistema de límites de emisión de GEI para sectores específicos y permitirá que las empresas ejecuten proyectos de reducción de emisiones de forma obligatoria (Congreso Nacional de Chile, 2022).

En la tabla 16 se presenta un resumen de los instrumentos aplicados en los mercados de carbono internacional.

**Tabla 16**

*Resumen de mercados de carbono internacional*

<b>País u Organización</b>	<b>Tipo de mercado de carbono</b>	<b>Estado</b>	<b>Instrumentos de aplicación</b>
<b>Unión Europea</b>	Regulado	Implementado	Sistema de Comercio de Emisiones
		Implementado	Impuesto al carbono
<b>México</b>	Regulado	Fase piloto	Sistema de Comercio de Emisiones
		Voluntario	Plataforma de Carbono de México (MEXICO2)
<b>Chile</b>	Regulado	Implementado	Impuesto al carbono
		En proceso de regulación	Límites de emisión de GEI
	Voluntario	Implementado	Comercio de créditos de carbono mediante Proyectos AFOLU
<b>Brasil</b>	Voluntario	Implementado	Créditos de carbono internacional mediante Proyectos REDD+

*Nota: Elaboración propia basada en reportes del Banco Mundial (2021), el BID (2021), el Parlamento Europeo - European Parliamentary Research Service (2022), la Asesoría Técnica Parlamentaria de Chile (2018) y el Congreso Nacional de Chile (2022).*

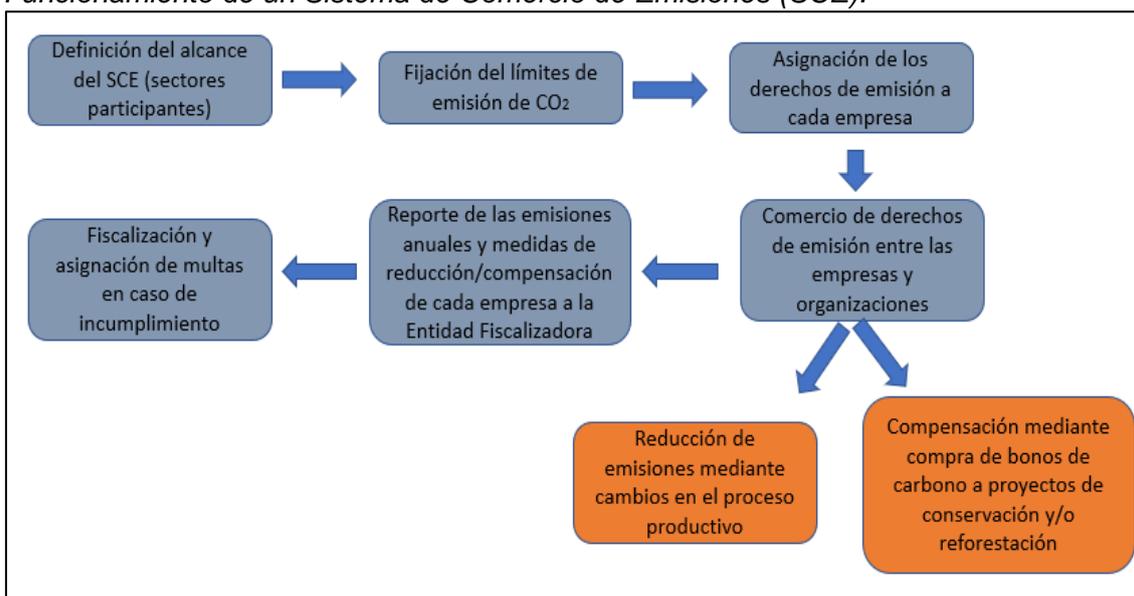
Como se observa, la aplicación del mercado regulado y voluntario de forma conjunta puede ser aplicado según la realidad económica de cada país. Por ello, en esta tesis, se considera que la implementación de un mercado regulado, a través de un SCE, permitirá complementar el mercado voluntario y servirá para articular el compromiso

climático nacional con el sector privado. Bajo ese sistema, las empresas estarán obligadas de reducir o compensar sus emisiones a través de la compra de derechos de emisiones o bonos de carbono de los proyectos de conservación y/o reforestación de bosques.

Adicionalmente, según el reporte “Estado y tendencia de los precios del carbono 2022” del Banco Mundial, los ingresos globales generados por SCE del año 2021 (56 mil millones de dólares) ha superado a los ingresos generados por los impuestos al carbono (28 mil millones de dólares). Ello, se debe a que el precio del carbono en el SCE ha mantenido un incremento en función de la demanda de más empresas que necesitan reducir y compensar sus emisiones (The World Bank, 2022). En la Figura 25, se presenta el funcionamiento de un SCE.

**Figura 25**

*Funcionamiento de un Sistema de Comercio de Emisiones (SCE).*



*Nota: Elaboración propia basada en el SCE de la Unión Europea.*

#### **4.2.5. Análisis del mercado de carbono en el Perú**

El Perú presenta un mercado voluntario de carbono mediante la ejecución de proyectos REDD+ (Reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal e incremento del stock de carbono forestal) y el comercio de bonos de carbono con entidades internacionales.

Según la Ley Marco sobre Cambio Climático, Ley N° 30754, la autoridad nacional en materia de cambio climático es el Ministerio del Ambiente (MINAM). A través del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), se implementan proyectos de REDD+. Según la página web del MINAM, se tienen, en ejecución, tres proyectos principales de REDD+ en Áreas Naturales Protegidas (ANP): Bosque de Protección Alto Mayo (San Martín), Parque Nacional Cordillera Azul (San Martín, Huánuco, Loreto y Ucayali) y Reserva Nacional de Tambopata - Parque Nacional Bahuaja Sonene (Madre de Dios) (MINAM, 2021b).

Uno de los proyectos referentes sobre comercio de bonos de carbono en el Perú, es de la ANP Bosque de Protección Alto Mayo, la cual es administrada por la ONG Conservación Internacional Perú, a través de un Contrato de Administración con el SERNANP firmada el 2012. Según el Centro para la Investigación Forestal Internacional (2019), dicho proyecto generó 5,6 millones de bonos de carbono, de los cuales, comercializó el 70% en el mercado de carbono, con ello se financió la conservación de 17 mil hectáreas de bosques. Además, la ONG promovió la firma de 604 Acuerdos de Conservación con las familias que viven en el ANP (MINAM, 2021b), con el fin de otorgarles apoyo técnico en el manejo sostenible de bosques nativos y el fomento del cultivo de café orgánico y a su vez, las familias colaboran con la conservación del ANP.

Además de proyectos REDD+ en ANP, también se ha ejecutado en comunidades nativas como el proyecto "Manejo de bosques para reducir deforestación y degradación en comunidades indígenas Shipibo Conibo y Catacaibo de la región Ucayali" desarrollado por la ONG Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER). El proyecto inició en 2010 y tiene como periodo de ejecución 20 años. El objetivo es conservar los bosques en tierras de 7 comunidades nativas y promover el manejo forestal sostenible según el estándar FSC (Consejo de Manejo Forestal). El proyecto tiene planificado evitar las emisiones de 5 699 386 tCO<sub>2</sub>e en los primeros 10 años y prevenir la deforestación de 18 260 ha de bosques nativos (AIDER, 2015).

Como se observa, los proyectos REDD+ contribuyen a mantener e incrementar los sumideros de carbono y conlleva a la emisión de bonos de carbono que benefician a las comunidades locales. Asimismo, estos proyectos pueden ser fortalecidos mediante la implementación de un sistema de comercio de emisiones (SCE), como un instrumento estratégico que regule las emisiones de las empresas a nivel nacional y sea obligatorio la ejecución de medidas de reducción y/o compensación de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Sin embargo, los REDD+ no se han aplicado en comunidades individuales sino en grupo de comunidades y dentro de ANP. Por ello, en la presente tesis se propone que estos proyectos también se promuevan dentro de comunidades campesinas de forma focalizada, como por ejemplo en la comunidad de Jircán, donde se promueva el aprovechamiento sostenible de los bosques de aliso y realizar plantaciones de eucalipto según la aptitud del suelo y disponibilidad hídrica sin afectar la funcionalidad del ecosistema andino.

El Perú se diferencia del mercado de carbono de otros países por su naturaleza de voluntario. La Ley Marco de Cambio Climático (Ley N° 30754) y su reglamento (D.S. N° 013-2019-MINAM), no involucra al sector privado para promover su participación en la reducción de emisiones, de forma obligatoria; sino deja que los proyectos REDD+ se realicen de forma voluntaria por organizaciones, que principalmente son ONG, para la obtención de financiamiento climático y el comercio de bonos de carbono con entidades internacionales.

Como se presentó en el ítem 4.2.4, países de América Latina como México y Chile tienen un mercado regulado y voluntario, lo que permite potenciar la reducción de emisiones del sector privado y cumplir las metas climáticas. En la tabla 17 se muestra la comparación del mercado peruano con el mercado internacional.

**Tabla 17**

*Comparación del mercado de carbono internacional con el Perú*

<b>País u Organización</b>	<b>Tipo de Mercado</b>
Unión Europea	Regulado
México	Regulado y Voluntario
Chile	Regulado y Voluntario

<b>País u Organización</b>	<b>Tipo de Mercado</b>
Brasil	Voluntario
Perú	Voluntario

*Nota: Elaboración propia basada en el análisis del ítem 4.2.4*

Por ello, es necesario que el MINAM implemente una política clara sobre la reglamentación del mercado de carbono nacional con el fin de avanzar hacia un mercado regulado donde las empresas compitan en implementar tecnologías bajas en carbono, reducir y compensar sus emisiones para alcanzar los objetivos climáticos internacionales.

Por otro lado, según una nota de prensa del 2021, el Gobierno Regional de Huánuco se encuentra ejecutando proyectos de reforestación en las provincias del Marañón, Leoncio Prado, Huánuco y Ambo, cuya inversión total asciende los 16 millones 374 mil 408,74 soles, lo cual reforestará 2,785 ha de plantaciones forestales con especies nativas (Gobierno Regional de Huánuco, 2021). Sin embargo, según la entrevista realizada al presidente de la Comunidad Campesina del distrito de Jircán, Román Nuñez, menciona que no tienen algún apoyo de la autoridad regional, provincial ni local referido al manejo de las plantaciones de eucalipto y bosques nativos de aliso. El comercio del recurso maderable se realiza entre comuneros y en ocasiones realizan venta a la Municipalidad Distrital de Jircán.

Es necesario que la autoridad regional y provincial promuevan proyectos de conservación y reforestación en el distrito de Jircán por su potencialidad en la generación de recursos maderables de eucalipto y aliso, gracias a la disponibilidad hídrica y aptitud de suelo para dichas especies. Asimismo, la comunidad campesina de Jircán podrá participar en el mercado de carbono, mediante un proyecto REDD+, lo cual beneficiará a su desarrollo local y pondrá en valor sus recursos forestales.

En síntesis, el valor económico del secuestro de dióxido de carbono se podrá aplicar en la promoción de proyectos de inversión que tengan como objetivo conservar y/o reforestar bosques de eucalipto y aliso en lugares que sean adecuados para su crecimiento, como en el distrito de Jircán. Para ello, es necesario establecer un marco regulatorio que establezca un sistema de comercio de emisiones (SCE) para que las

empresas tengan la obligación de reducir sus emisiones y compensar, si exceden los límites, mediante la compra de bonos de carbono a los proyectos REDD+. De esta forma, se contribuirá al cumplimiento de la meta, establecida por el MINAM, de reducir el 40% de las emisiones nacionales de GEI al 2030.

#### **4.2.6. Análisis de la valoración económica de impactos ambientales en el marco del SEIA**

Los Estudios de Impacto Ambiental Detallados (EIA-d) contienen un capítulo sobre la valoración económica de impactos ambientales, según el Anexo IV del Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impactos Ambientales (SEIA) aprobado mediante D.S. 019-2009-MINAM. Para lo cual se analizan las posibles alteraciones a los servicios ecosistémicos de provisión, regulación, cultural o de soporte que signifiquen impactos ambientales significativos.

Según la Guía de Valoración Económica de Impactos Ambientales en el marco del SEIA aprobada mediante R.M. 047-2022-MINAM, la afectación al secuestro de CO<sub>2</sub> se debe valorar mediante el método del precio del mercado, y se puede tomar como referencia el precio establecido por el MEF (2017) de 7,17 \$/tCO<sub>2</sub>.

Sin embargo, no precisa la metodología de estimación del impacto al servicio de secuestro de CO<sub>2</sub> en plantaciones o bosques, solo menciona el marco general de la valoración económica y el precio de referencia del CO<sub>2</sub> establecido por el MEF el año 2017, la cual no ha cambiado hasta la fecha.

Por ello, la presente tesis aporta en la aplicación de una metodología para las especies de eucalipto y aliso, a través de ecuaciones alométricas específicas mediante el análisis de las variables dasométricas como DAP y altura total.

Asimismo, el precio del CO<sub>2</sub> debería ser actualizado de forma periódica, al menos con frecuencia anual, porque según lo presentado en el ítem 4.2.4, el precio del CO<sub>2</sub> varía por la dinámica de los mercados de carbono a nivel nacional e internacional. Ello permitirá que la valoración de los impactos ambientales esté actualizada en función del mercado en beneficio de la población que sufra el impacto. Además, beneficiará a los proyectos de

conservación con mejores precios de CO<sub>2</sub> lo que conllevará a mayores ingresos económicos.

La investigación puede ser utilizada en el cálculo de la valoración de impactos ambientales en proyectos de inversión, sujetos a los EIA-d en el marco del SEIA, que contemplen la tala de bosques de eucalipto y/o aliso. Para ello, se deberá tomar en cuenta las variables dasométricas como el DAP y altura total del área forestal afectada y los métodos de cálculo contemplados en el ítem 3.1.8.3.

## Conclusiones

La biomasa resultante de la plantación de eucalipto (190,67 t) fue mayor en 166.53 t que el bosque de aliso (24,14 t).

El contenido de carbono de la plantación de eucalipto (95,33 tC) fue mayor en 83.26 tC que el bosque de aliso (12,07 tC).

El secuestro de CO<sub>2</sub> estimado de la plantación de eucalipto (349,59 tCO<sub>2</sub>) fue mayor en 305.32 tCO<sub>2</sub> que el bosque de aliso (44,27 tCO<sub>2</sub>).

El secuestro de CO<sub>2</sub> por área del eucalipto resultó 685,47 tCO<sub>2</sub>/ha y del aliso fue 72,57 tCO<sub>2</sub>/ha.

La plantación de eucalipto obtuvo un valor económico total de \$ 2 506,56 por el secuestro de CO<sub>2</sub> y el bosque de aliso resultó \$ 317,40, considerando el precio establecido por el MEF (2017).

El valor económico por área del eucalipto fue de 4 914,83 \$/ha y del bosque de aliso un valor de 520,33 \$/ha, considerando el precio del MEF (2017).

El valor del secuestro de CO<sub>2</sub> es mayor considerando el precio de la Unión Europea del mes de marzo del 2022. Con dicho precio, el valor por área del eucalipto resultó 56 578,85 \$/ha y del aliso, 5 989,99 \$/ha.

El valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> permitirá que la comunidad campesina de Jircán pueda desarrollar proyectos de conservación y/o reforestación de bosques de eucalipto y aliso, y obtener financiamiento mediante los bonos de carbono.

El método no destructivo (indirecto) permitió estimar el contenido de biomasa, carbono y secuestro de dióxido de carbono a través de ecuaciones alométricas específicas para cada especie.

## Recomendaciones

Recomendar al Gobierno Regional de Huánuco, impulsar la planificación y ejecución de proyectos de conservación y reforestación de aliso y eucalipto según las condiciones meteorológicas y disponibilidad hídrica de cada distrito. Estos proyectos deberían ser coordinados con las comunidades campesinas para promover el desarrollo económico de los distritos más alejados de Huánuco, como el caso del distrito de Jircán.

Sugerir al Ministerio del Ambiente, que diseñe un Sistema de Comercio de Emisiones con el objetivo de impulsar a las empresas a mitigar y compensar las emisiones de sus actividades a través del comercio de bonos de carbono o derechos de emisión. Dichos bonos deberían ser invertidos en proyectos de conservación y/o reforestación, como los REDD+, de especies forestales que conlleven al aumento de sumideros de CO<sub>2</sub>.

Sugerir al Ministerio de Economía y Finanzas que actualice periódicamente el precio del CO<sub>2</sub> con la finalidad de que sirva como referencia para el comercio de bonos de carbono en proyectos REDD+ a nivel nacional.

Sugerir al Ministerio del Ambiente, implementar límites de emisión para determinados sectores económicos como industria, minería y energía con el objetivo de controlar las emisiones de CO<sub>2</sub> de las grandes empresas.

Recomendar al Ministerio del Ambiente a reglamentar que las grandes empresas midan sus emisiones de CO<sub>2</sub> de forma obligatoria con el objetivo de mantener actualizado el inventario de emisiones y sirva como insumo para la gestión del cambio climático.

Recomendar a la Comunidad Campesina de Jircán gestionar con el SERNANP la creación de un Área de Conservación Privada (ACP) de sus bosques de aliso, con el objetivo de conservar sus bosques y participar en un proyecto REDD+ que genere bonos de carbono.

Recomendar a las consultoras ambientales del Perú, validar el método y los resultados obtenidos en esta tesis para su posible aplicación en la valoración económica

de impactos ambientales que estén referidos a deforestación de bosques de eucalipto y aliso.

Recomendar a la comunidad universitaria, institutos y centros de investigación, empresas privadas y entidades del Estado a investigar los valores económicos de otras especies forestales para aplicarlos en el comercio de emisiones y en proyectos de conservación y/o reforestación.

Sugerir a la Facultad de Ingeniería Ambiental de la UNI a incorporar una línea de investigación referida a la valoración económica de servicios ecosistémicos.

## Referencias bibliográficas

- Acevedo, E. (2008). *Efectos del establecimiento en el crecimiento y rentabilidad de plantaciones de Eucalyptus en el sur de Chile*. Universidad de Chile.
- Aguirre, N., Erazo, A., & Granda, J. (2017). Posibilidades de comercialización de bonos de carbono del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), 98–115.
- AIDER. (2015). *REDD+ y comunidades locales: conservación forestal y desarrollo sostenible*.
- Aldana, Edilio. (2008). *Medición Forestal* (1st ed., pp. 92–96).
- Alfaro, R. (2017). *Captura de carbono en rebrotes de eucalyptus globulus labill “eucaliptus” en motil, provincia de Otuzco del departamento de La Libertad-Perú* [Maestría, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7969>
- Aquino Flores, E. (2013). *Estimación de captura de carbono del Alnus acuminata según sus clases diamétricas en bosques naturales de Quilcas - Huancayo*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Asesoría Técnica Parlamentaria de Chile. (2018). *Implementación del Impuesto Verde en Chile*.
- Aulestia-Guerrero, E., Jiménez, L., Quizhpe-Palacios, J., & Capa-Mora, D. (2018). Alnus acuminata kunth: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono. *Bosques Latitud Cero*, 8(2). <https://doi.org/2528-7818>
- Autoridad Nacional del Agua. (2008). *Resolución Ministerial N° 033-2008-AG del 05 de enero del 2008. Aprueban Metodología de Codificación de Unidades Hidrográficas de Pfafstetter, Memoria Descriptiva y Plano de Delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas del Perú*.
- Banco Mundial. (2021). *Situación y Tendencias de la Fijación del Precio al Carbono 2021*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1728-1>

- BID. (2021). *Situación y tendencias de los mercados de carbono de cumplimiento y voluntarios en América Latina*.
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forest: a primer* (FAO, Ed.).
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero calentamiento global y cambio: Una perspectiva desde las ciencias de la Tierra. *Revista Digital Universitaria*, 8.
- Cárdenas, R. (2016). *Evaluación del potencial de los bosques de Eucalyptus globulus y Pinus radiata como sumideros de carbono en el entorno del Parque Nacional Huascarán ( Perú )*. Universidad de Salamanca.
- Centro para la Investigación Forestal Internacional. (2019). *El Comité de Gestión del Bosque de Protección Alto Mayo*.
- CONAFOR. (2007). *Paquete Tecnológico Alnus acuminata H.B.K.*
- Congreso de la República del Perú. (1997). *Ley N° 26821 de 1997. Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales*.
- Congreso de la República del Perú. (2005). *Ley N° 28611 de 2005, Ley General del Ambiente*.
- Congreso de la República del Perú. (2011). *Ley N° 29763 de 2011, Ley Forestal y de Fauna Silvestre*.
- Congreso de la República del Perú. (2014). *Ley N° 30215 del 2014. Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos*.
- Congreso de la República del Perú. (2018). *Ley N° 30754 de 2018. Ley Marco sobre Cambio Climático*.
- Congreso Nacional de Chile. (2022). *Ley 21455 de 2022. Por lo cual se expide la Ley Marco de Cambio Climático*.
- Convención RAMSAR. (1997). *Valoración económica de los humedales – Guía para decisores y planificadores*.

- Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero de Ecuador. (1997). *Manuales para la producción de madera: Aliso* (E. EDI-U, Ed.; 1st ed.).
- Del Río, P., & Labandeira, X. (2008). El sistema europeo de comercio de emisiones: diseño, funcionamiento y perspectivas. *Colección Estudios Económicos - FEDEA*.
- Di Marco, E. (2015). *Ficha técnica - Eucalyptus globulus sp. globulus Labill (Eucalipto blanco) Familia Myrtaceae*.
- European Parliamentary Research Service. (2022). *Revisión de la EU-ETS*. Parlamento Europeo.
- FAO. (1981). *El eucalipto en la repoblación forestal*.  
<http://www.fao.org/3/ac459s/ac459s.pdf>
- FAO. (2010). *Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor*.
- FAO. (2012). *FRA 2015 - Términos y Definiciones*.  
<http://www.fao.org/3/ap862s/ap862s00.pdf>
- Flores, M. (2017). *Captura de dióxido de carbono (co2) en la "Chillihua" (Festuca dolichophylla presl) de los pastizales del CIP Illpa-Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- GEOBOSQUE. (2020). *Bosque y pérdida de bosque*.  
<http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>
- Global Forest Watch. (2020). *Perdimos el Equivalente a un Campo de Fútbol de Selva Tropical Primaria Cada 6 Segundos en 2019*.
- Gobierno Regional de Huánuco. (2021). *Huánuco: GOREHCO PRESENTA LOGROS DE DESARROLLO FORESTAL SOSTENIBLE ANTE EL SERFOR*.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. B. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure (5.1)*.

- IPCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*.  
[https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpoglulucf/gpoglulucf\\_files/GPG\\_LULUCF\\_FULL.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpoglulucf/gpoglulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf)
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IGES.  
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- IPCC. (2018). *Anexo I: Glosario - Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales*.
- Juárez, Y. (2014). *Dasometría: Apuntes de clase y guía de actividades prácticas* (pp. 27–29).
- Madge, M. (1983). *Contribución al conocimiento de la ecología de *Alnus jorullensis* H.B.K. en masas naturales, valle del Mantaro*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- MEF. (2017). *Directiva para la formulación y evaluación en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones - DIRECTIVA N° 002-2017-EF/63.01*.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*.
- MINAM. (2016a). *Decreto Supremo N° 009-2016-MINAM del 21 de julio del 2016. Reglamento de la Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos*.
- MINAM. (2016b). *Guía de Valoración Económica del Patrimonio Natural*.
- MINAM. (2019a). *Decreto Supremo N° 013-2019-MINAM. Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático*.
- MINAM. (2019b). *Línea base de especies forestales (*Pinus* sp y *Eucalyptus* sp.) con fines de bioseguridad*.
- MINAM. (2019c). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*.

- MINAM. (2021a). *Decreto Supremo N° 023-2021-MINAM del 25 de julio del 2021. Norma que aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030.*
- MINAM. (2021b). *Proyectos REDD+ en Perú marcan la transición hacia la gestión efectiva y sostenible de las áreas naturales protegidas - Noticias - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado.*  
<https://www.gob.pe/institucion/sernanp/noticias/491188-proyectos-redd-en-peru-marcan-la-transicion-hacia-la-gestion-efectiva-y-sostenible-de-las-areas-naturales-protegidas>
- MINAM. (2023). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2000 - 2019.*  
<https://infocarbono.minam.gob.pe/annios-inventarios-nacionales-gei/ingei-2019/>
- Montoya, G., Soto, L., Ben de Jong, K., Nelson, P., Taylor, J., & Tipper, R. (1995). *Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las Zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas.*
- Morales Sisilema, M. P., & Vásquez Vásquez, M. P. (2019). *Valoración económica de la captura de carbono en las especies Podocarpus sprucei y Oreocallis grandiflora en el bosque Protector Aguarongo [Universidad Politécnica Salesiana].* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16640/4/UPS-CT008067.pdf>
- Morjani, M. (2018). *Valoración de instrumentos emergentes de financiación: Bonos verdes.* Universitat Politècnica de València.
- ONU. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.*
- ONU. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe.*
- Padilla, M. (2019). *Captura de dióxido de carbono del fuste de Acacia macracantha "Faique" y Capparis scabrida "Sapote de perro" en el bosque seco distrito de Jaén.* Universidad Nacional de Jaén.
- Pérez de Molas, L. F., Gamarra Ruiz Díaz, L. M., & Sanquetta, C. R. (2022). *Valoración económica de la reserva de Carbono del recurso arbóreo del Parque Dr. Claudio*

- Pavetti, Asunción, Paraguay. *Investigación Agraria*, 24(1), 40–45.  
<https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2022.junio.2401708>
- Pierola, M. (2021). *Protocolo de Kioto: Objetivos alcanzados al término de su vigencia en el 2020*. Universidad de Lima.
- Segura, M., & Andrade, H. (2008). ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? *Agroforestería En Las Américas*, 86–96.
- SEMARNAT. (2017). *MEXICO CARBON TAX. Technical Workshop – Carbon Tax: Design and Implementation in Practice*.
- SENAMHI. (2017). *Atlas de Zonas de Vida del Perú - Guía Explicativa*.
- SENAMHI. (2020). *Mapa de Clasificación Climática del Perú*. Ministerio del Ambiente.
- The International Carbon Action Partnership. (2022, March). *Allowance Price Explorer | International Carbon Action Partnership*. <https://icapcarbonaction.com/en/ets-prices>
- The World Bank. (2022). *State and Trends of Carbon Pricing 2022*.  
<https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1895-0>
- Ucañay, A. (2014). *Valoración económica del secuestro del CO2 en plantaciones de Parkia sp. "pashaco" de diferentes edades en el CIEFOR-Puerto Almendra, Iquitos-Perú*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Vega-Nieva, D. J., Valero, E., Picos, J., & Jiménez, E. (2015). Modeling the above and belowground biomass of planted and coppiced *Eucalyptus globulus* stands in NW Spain. *Annals of Forest Science*, 72(7), 967–980. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0493-6>
- Villacis, J. (2012). *Determinación del potencial de captura de carbono de las especies forestales de aliso (*Alnus acuminata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la localidad de Florida Pomacochas*. Universidad Nacional de San Martín.

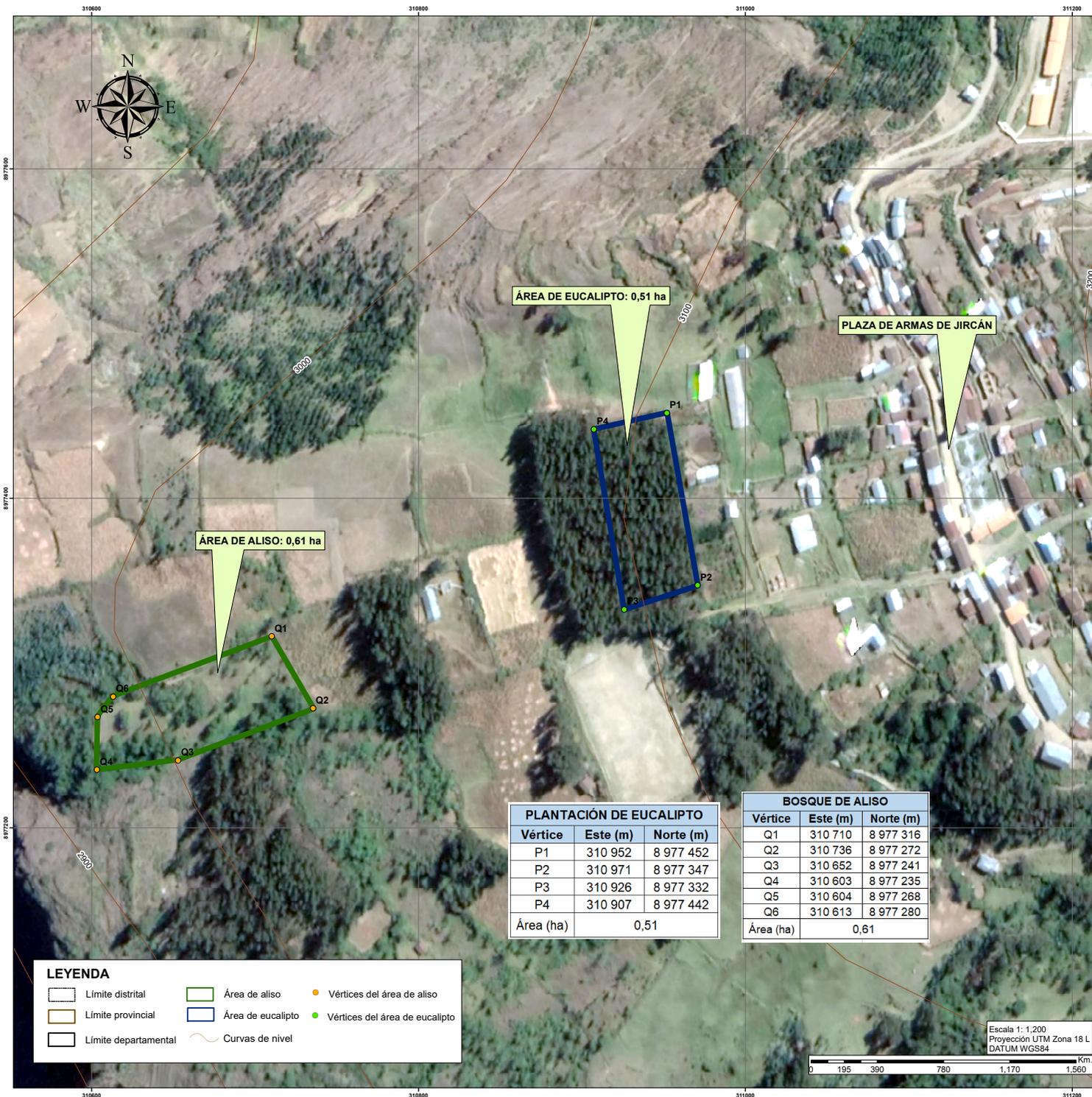
Yábar, A. (2001). Los mecanismos de flexibilidad de Kioto, otros instrumentos de lucha contra el cambio climático y su aplicación en la Unión Europea. *Observatorio Medioambiental*, 4.

## Anexos

Anexo 1: Mapa de ubicación .....	1
Anexo 2: Mapa de clasificación climática .....	3
Anexo 3: Mapa de ecosistemas.....	5
Anexo 4: Mapa de zonas de vida .....	7
Anexo 5: Cargo de invitación al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán .....	9
Anexo 6: Entrevista al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán .....	11
Anexo 7: Registro fotográfico .....	15
Anexo 8: Ficha de datos de campo del eucalipto .....	21
Anexo 9: Ficha de datos de campo del aliso .....	30
Anexo 10: Ficha de cálculos del eucalipto .....	39
Anexo 11: Ficha de cálculos del aliso .....	48
Anexo 12: Matriz de consistencia .....	56

# **ANEXO 1:**

## **Mapa de ubicación**



ÁREA DE EUCALIPTO: 0,51 ha

PLAZA DE ARMAS DE JIRCÁN

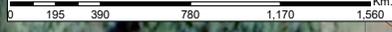
ÁREA DE ALISO: 0,61 ha

PLANTACIÓN DE EUCALIPTO		
Vértice	Este (m)	Norte (m)
P1	310 952	8 977 452
P2	310 971	8 977 347
P3	310 926	8 977 332
P4	310 907	8 977 442
Área (ha)	0,51	

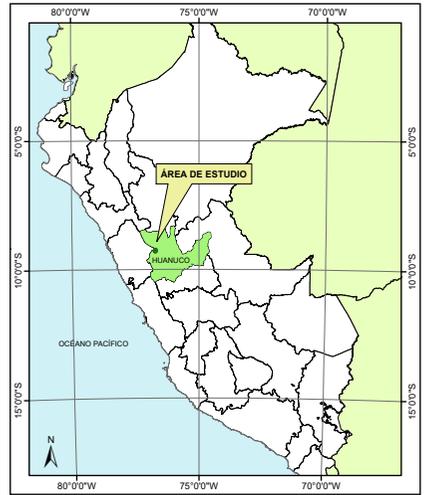
BOSQUE DE ALISO		
Vértice	Este (m)	Norte (m)
Q1	310 710	8 977 316
Q2	310 736	8 977 272
Q3	310 652	8 977 241
Q4	310 603	8 977 235
Q5	310 604	8 977 268
Q6	310 613	8 977 280
Área (ha)	0,61	

LEYENDA		
	Límite distrital	
	Límite provincial	
	Límite departamental	
	Área de aliso	
	Área de eucalipto	
	Curvas de nivel	

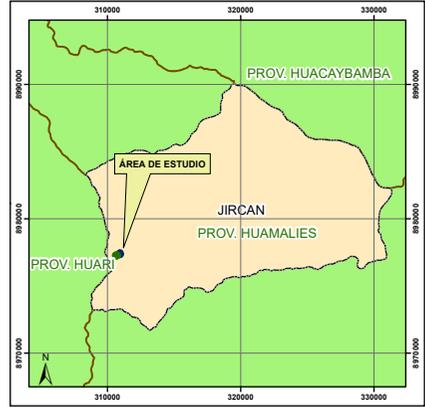
Escala 1: 1,200  
Proyección UTM Zona 18 L  
DATUM WGS84



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



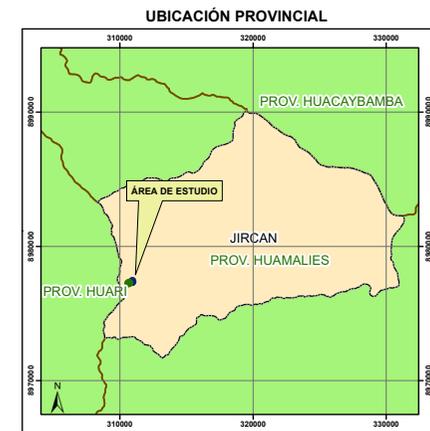
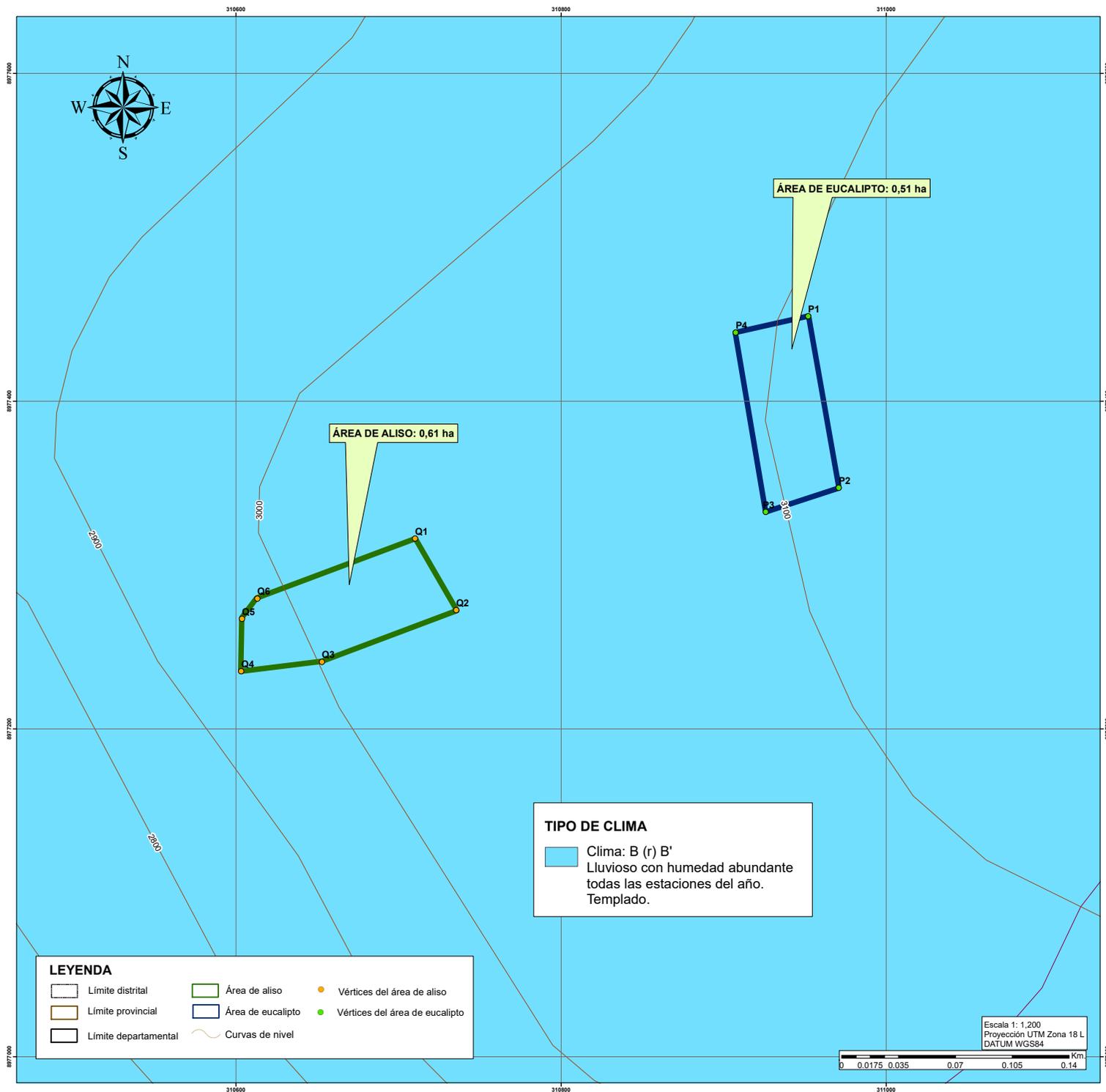
UBICACIÓN PROVINCIAL



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b>	
	TESIS: VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SECUESTRO DE CO2 EN PLANTACIONES DE EUCALIPTO ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labill) Y ALISO ( <i>Alnus acuminata</i> ) EN EL DISTRITO DE JIRCÁN, PROVINCIA DE HUAMALÍES, DEPARTAMENTO HUÁNUCO	
MAPA:	<b>MAPA DE UBICACIÓN</b>	
UBICACIÓN:	DISTRITO DE JIRCÁN, HUAMALÍES, HUÁNUCO	
ELABORADO POR:	JHARISON BRINKLEY VIDAL HEIDINGER	
ESCALA:	FECHA:	N°
1:1,200	OCTUBRE 2022	TESIS-JV-01
FUENTE:	Imágenes satelitales de Google Earth (2016)	

## **ANEXO 2:**

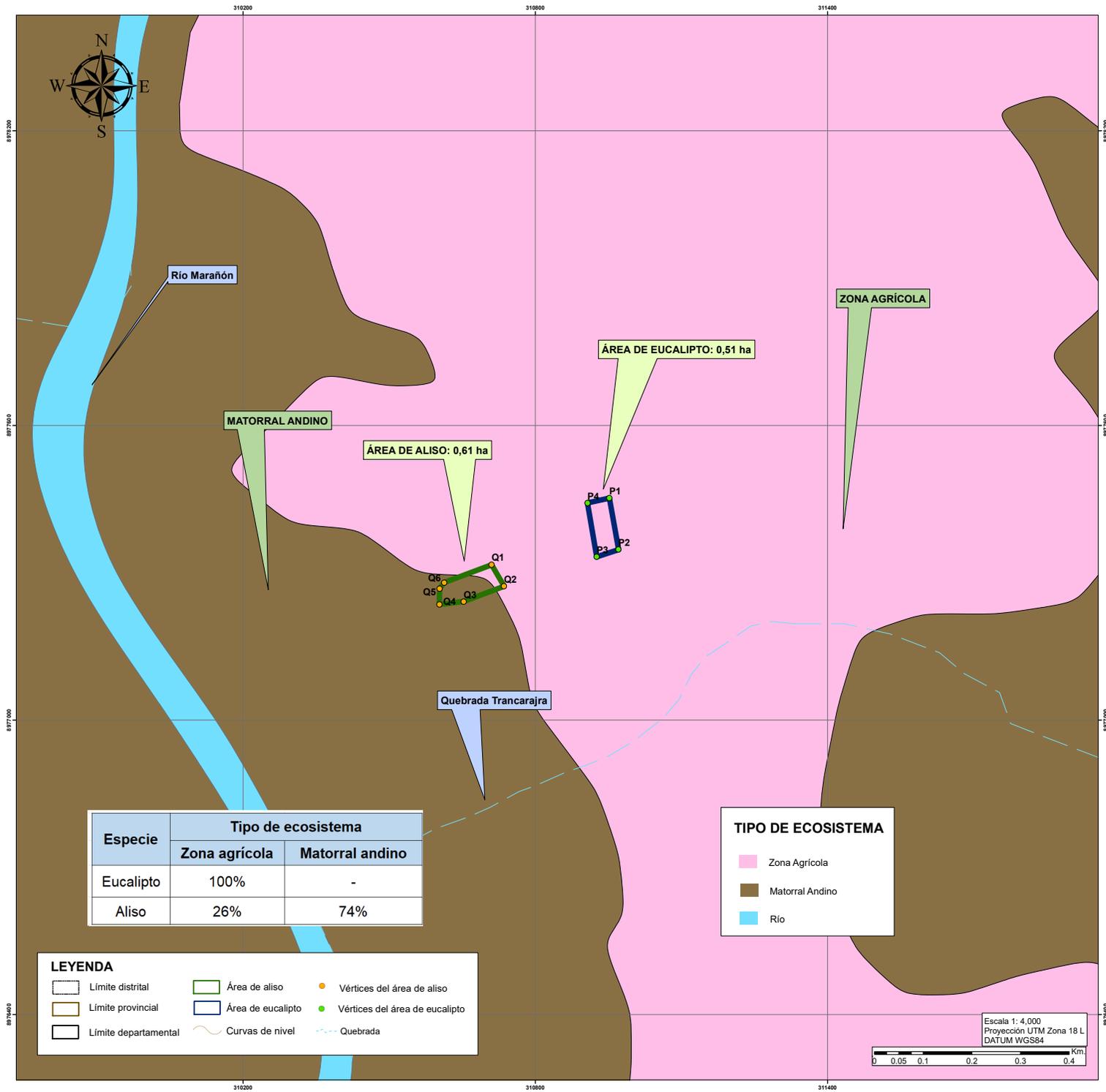
# **Mapa de clasificación climática**



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b>		
<b>TESIS:</b> VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SECUESTRO DE CO <sub>2</sub> EN PLANTACIONES DE EUCALIPTO ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labill) Y ALISO ( <i>Alnus acuminata</i> ) EN EL DISTRITO DE JIRCÁN, PROVINCIA DE HUAMALÍES, DEPARTAMENTO HUÁNUCO		
<b>MAPA:</b> <b>MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA</b>		
<b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE JIRCÁN, HUAMALÍES, HUÁNUCO		
<b>ELABORADO POR:</b> JHARISON BRINKLEY VIDAL HEIDINGER		
<b>ESCALA:</b> 1:1,200	<b>FECHA:</b> OCTUBRE 2022	<b>N°</b> TESIS-JV-02
<b>FUENTE:</b> SENAMHI (2020). Mapa de Clasificación Climática Nacional.		

## **ANEXO 3:**

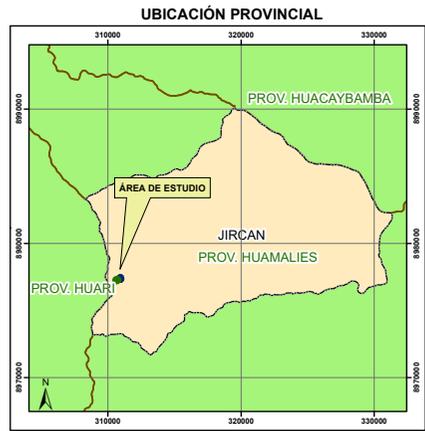
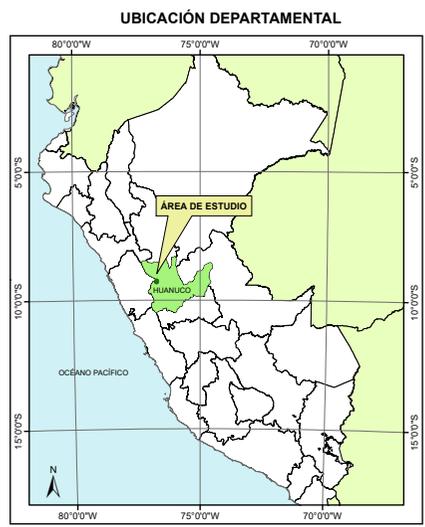
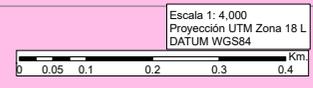
# **Mapa de ecosistemas**



Especie	Tipo de ecosistema	
	Zona agrícola	Matorral andino
Eucalipto	100%	-
Aliso	26%	74%

TIPO DE ECOSISTEMA	
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color: #FFB6C1; border: 1px solid black;"></span>	Zona Agrícola
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color: #8B4513; border: 1px solid black;"></span>	Matorral Andino
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black;"></span>	Río

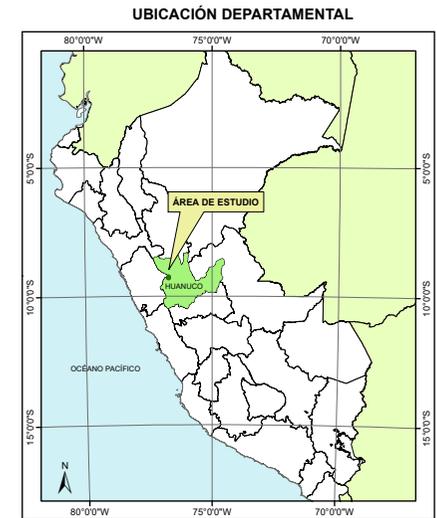
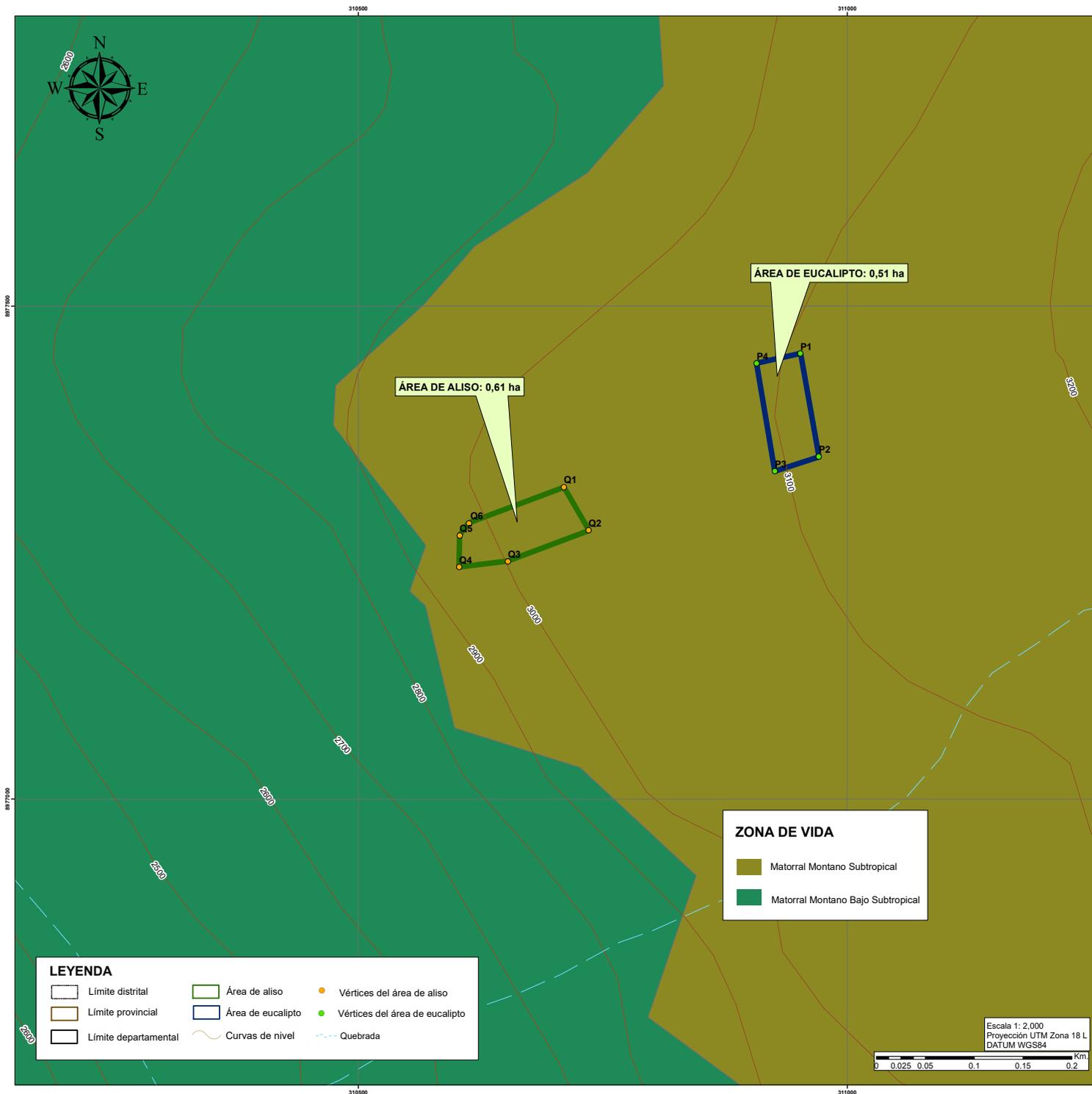
LEYENDA		
	Límite distrital	
	Límite provincial	
	Límite departamental	
	Área de aliso	
	Área de eucalipto	
	Curvas de nivel	
	Quebrada	



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b>		
<b>TESIS:</b> VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SECUESTRO DE CO2 EN PLANTACIONES DE EUCALIPTO ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labill) Y ALISO ( <i>Alnus acuminata</i> ) EN EL DISTRITO DE JIRCÁN, PROVINCIA DE HUAMALÍES, DEPARTAMENTO HUÁNUCO		
<b>MAPA:</b> <span style="float: right;"><b>MAPA DE ECOSISTEMAS</b></span>		
<b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE JIRCÁN, HUAMALÍES, HUÁNUCO		
<b>ELABORADO POR:</b> JHARISON BRINKLEY VIDAL HEIDINGER		
<b>ESCALA:</b> 1:4,000	<b>FECHA:</b> OCTUBRE 2022	<b>N°</b> TESIS-JV-03
<b>FUENTE:</b> MINAM (2019). Mapa Nacional de Ecosistemas		

## **ANEXO 4:**

### **Mapa de zonas de vida**



 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b></p>		
<p>TESIS: VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SECUESTRO DE CO<sub>2</sub> EN PLANTACIONES DE EUCALIPTO (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill) Y ALISO (<i>Alnus acuminata</i>) EN EL DISTRITO DE JIRCÁN, PROVINCIA DE HUAMALÍES, DEPARTAMENTO HUÁNUCO</p>		
<p>MAPA: <b>MAPA DE ZONAS DE VIDA</b></p>		
<p>UBICACIÓN: DISTRITO DE JIRCÁN, HUAMALÍES, HUÁNUCO</p>		
<p>ELABORADO POR: JHARISON BRINKLEY VIDAL HEIDINGER</p>		
ESCALA: 1:2,000	FECHA: OCTUBRE 2022	N° TESIS-JV-04
<p>FUENTE: SENAMHI (2017). Atlas de zonas de vida del Perú: guía explicativa.</p>		

## **ANEXO 5:**

# **Cargo de invitación al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

**CARTA N° 008-EPIA-FIA-2022**

Lima, 10 de enero del 2022

Señor

**Román Nuñez Serna**

Presidente de la Comunidad Campesina del distrito de Jircán

Presente. -

De mi consideración:

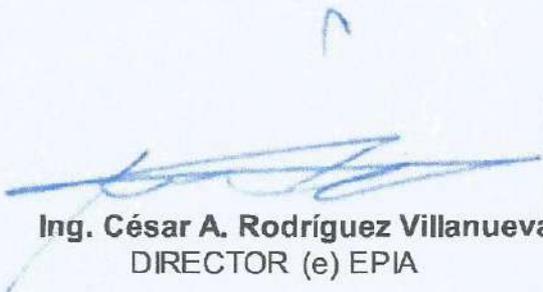
Tengo a bien dirigirme a usted para saludarle cordialmente, y manifestarle que el Tesista **Jharison Brinkley Vidal Heidinger**, con código UNI N° **20162052K**, quien está desarrollando la tesis de Pre Grado denominada: **“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SECUESTRO DE CO<sub>2</sub> EN PLANTACIONES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus* Labill) Y ALISO (*Alnus acuminata*) EN EL DISTRITO DE JIRCÁN, PROVINCIA HUAMALÍES, DEPARTAMENTO HUÁNUCO”**, requiere realizar a su persona una entrevista sobre las plantaciones de eucalipto y aliso del distrito de Jircán, que servirá para la mencionada tesis; por lo que, se le solicita una reunión presencial, según su disponibilidad entre el 21/02/2022 al 04/03/2022, en el lugar: Local de la Comunidad Campesina del distrito de Jircán.

Agradeceré, tenga a bien confirmar lo solicitado al correo electrónico: **epiafia@uni.edu.pe**.

En ese sentido, le agradeceré brindarle las facilidades del caso, y así continuar con el desarrollo de su tesis.

Aprovechando la oportunidad para expresele mi especial consideración y estima.

Atentamente,

  
**Ing. César A. Rodríguez Villanueva**  
DIRECTOR (e) EPIA



*Recivi 27-01-2022*

CARV/dac

## **ANEXO 6:**

# **Entrevista al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán**



## ENTREVISTA A LA COMUNIDAD CAMPESINA DE JIRCÁN

**Nombre:** Sr. Emiliano Román Nuñez Serna

**Cargo:** Presidente de la Comunidad Campesina del Distrito de Jircán

**Fecha:** 21/02/2022

**Hora:** 9:30 am

Referido a las plantaciones de eucalipto y aliso del distrito de Jircán:

**1. ¿Qué áreas abarcan las plantaciones de eucalipto y aliso (zonas planas, pendientes)?**

Se tiene plantaciones comunales de eucalipto en la parte baja en la zona de Jicampampa y en la parte alta en la zona de Maynardo.

En Jicampampa se tiene 1 ha y en Maynardo se tiene 3 ha aproximadamente.

El aliso se encuentra cerca a quebradas y en las zonas bajas.

**2. ¿Cuántos años tienen las plantaciones de eucalipto y aliso?**

En 2002 se inició plantación de eucalipto en la zona de Jicampampa.

**3. ¿Realizan riego a las plantaciones de eucalipto y aliso?**

No se realiza riego, la actividad forestal es de secano.

Se tiene un solo canal de regadío para todo el distrito que se usa para fines agrícolas, pero no tiene cobertura a todas las zonas de cultivo.

**4. ¿Cuál es la fuente de agua y el tipo de riego que realizan?**

La fuente de agua principal es la quebrada Trancarajra, esta proviene de un manantial. El canal de riego se ha unido de las quebradas de Huarampampa y Qaucchaca.

**5. ¿A qué edad talan el árbol?, ¿cuál es el uso de la madera de ambas especies?**

Eucalipto:

El desarrollo es desigual, pero en promedio se talan a los 10 años para su uso.

Usos: techado de casas, listones, vigas, muebles, leña.

Aliso:

Aliso crece tierras húmedas como quebradas, de 5 a 8 años está listo para uso.

Usos: techado de casas, listones, vigas, muebles, leña.



**6. ¿Cuál es el costo y la unidad de venta de la madera de eucalipto y aliso?**

Eucalipto: 1 viga de 25cm de diámetro y 7m de largo está a 20 soles. Un eucalipto puede tener hasta 4 vigas. El comercio se realiza entre comuneros.

Aliso: 1 viga está entre 8 a 12 soles.

1 tabla 2.5m largo x 20 cm ancho está 10 soles tanto de aliso y eucalipto.

**7. ¿Dónde y cómo se realiza el comercio (venta) de la madera de eucalipto/aliso?**

El comercio se realiza de forma interna entre los integrantes de la comunidad campesina.

**8. ¿Qué tipo de plantación necesita más agua?**

El eucalipto necesita más agua que el aliso, pero se desarrolla adecuadamente porque en la zona se tiene bastante lluvia.

El aliso crece solo, sin necesidad de plantaciones y se encuentra en zonas húmedas.

**9. ¿El eucalipto/aliso permiten que otras plantas se desarrollen de forma cercana?**

En tierra de aliso, el eucalipto no prospera y viceversa.

El eucalipto no deja crecer plantas cercanas, por ejemplo, la picuya (pasto andino) la cual es muy resistente, no prospera cercana al eucalipto.

En cambio, el aliso sí deja crecer plantas cercanas, no acapara el terreno.

**10. ¿Qué especies de animales buscan alimento, transitan o anidan en las plantaciones de eucalipto y aliso?**

Aliso: nidos de aves como el zorzal.

Eucalipto: no es frecuente los nidos.

En el distrito se tienen diferentes especies de animales.

Aves: zorzal, wipcho, ruiseñor, gorrión, pichiaco, picaflor, wuaychao, perdiz, loros verdes.

Animales silvestres: muca, zorrilla, zorro, venado, vizcacha, picuro, carachupa, cuy silvestre, sachacuy (cuy con rabo), oso perezoso.

**11. ¿Qué especies de plantas existen de forma silvestre en el distrito?**

Crecen muña, anchica, orégano, hierba luisa, manzanilla, anis, ruda, hierba buena, quinta, ortiga, paja; y también árboles como tara, quishuar, manzano y aliso.



**12. ¿Ha observado tala de aliso sin permiso de la comunidad o zonas donde se observan piedras (erosión de suelo)?**

La tala de aliso y eucalipto se realiza entre los comuneros en el mismo territorio con autorización de la comunidad campesina.

**13. ¿En qué zonas se encuentra más el aliso nativo?**

En zonas húmedas como quebradas y cercana al río Marañón. En partes muy altas ya no se tiene aliso.

**14. ¿Considera necesario proteger las plantas nativas de aliso?**

Sí, es necesario brindarle soporte y cuidado para que crezcan derecho y sirvan para vigas.

**15. ¿El Gobierno regional y/o local promueve el cultivo, manejo adecuado del suelo y la venta del eucalipto y aliso?**

No hay ningún programa de apoyo en el cultivo, ni de comercio por parte de los gobiernos nacional, regional o local. Todas sus actividades lo realizamos de forma comunal. Solo en ocasiones, la Municipalidad Distrital de Jircán realiza compras de tablas de eucalipto para alguna obra.

## **ANEXO 7:**

# **Registro fotográfico**

## REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA ENTREVISTA

Entrevista al presidente de la Comunidad Campesina de Jircán

Fecha: 21/02/2022



## REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE CAMPO – EUCALIPTO

Fechas: 21/02, 22/02, 24/02 y 25/02 del 2022

Medición de coordenadas del eucalipto	Medición del DAP del eucalipto
	
Medición de la distancia hacia el árbol	Medición de la altura con el clinómetro
	

## Plantación de eucalipto



## REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE CAMPO – ALISO

Fechas: 28/02, 02/03, 03/03 y 04/03 del 2022

Medición de coordenadas del aliso	Medición del DAP del aliso
	
Medición de la distancia hacia el árbol	Medición de la altura con el clinómetro
	

**Bosque de aliso**



## **ANEXO 8:**

# **Ficha de datos de campo del eucalipto**

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL EUCALIPTO								
FECHA:		21/02/2022			LUGAR:		Plantación comunal de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
E1	310953	8977445	3143	3148	48,1	20	57	-18
E2	310952	8977446	3139	3142	28,9	20	42	-18
E3	310949	8977441	3141	3141	20,1	15	24	-8
E4	310949	8977444	3137	3139	34,8	15	53	-17
E5	310949	8977444	3132	3132	35	15	54	-18
E6	310945	8977449	3134	3141	19,8	15	47	-11
E7	310945	8977446	3139	3139	32,5	15	53	-21
E8	310942	8977445	3139	3139	32,5	15	57	-23
E9	310948	8977438	3142	3147	23	15	58	-7
E10	310949	8977439	3147	3146	30,8	15	60	-6
E11	310949	8977435	3138	3141	34,3	15	61	-9
E12	310949	8977431	3144	3146	34,1	15	60	-7
E13	310950	8977434	3146	3142	28,4	15	63	17
E14	310952	8977429	3143	3145	26,4	15	58	-9
E15	310947	8977425	3142	3142	45,5	15	68	-10
E16	310950	8977426	3142	3144	28,5	15	52	-22
E17	310950	8977422	3142	3144	35,6	15	50	-18
E18	310949	8977420	3141	3140	21,5	15	59	-11
E19	310946	8977423	3140	3140	38	15	65	-24
E20	310941	8977422	3141	3141	32,8	15	62	-22

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL EUCALIPTO								
FECHA:		21/02/2022			LUGAR:		Plantación comunal de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
E21	310941	8977429	3153	3151	36,5	15	57	-18
E22	310944	8977428	3147	3146	28,6	15	56	-20
E23	310947	8977426	3146	3145	32,9	15	52	-22
E24	310944	8977433	3143	3141	34,4	15	51	-24
E25	310946	8977434	3140	3143	36,2	15	55	-18
E26	310941	8977434	3143	3143	35,5	15	58	-19
E27	310939	8977438	3142	3142	36,9	15	61	-24
E28	310938	8977437	3142	3144	44,8	15	64	-23
E29	310941	8977439	3144	3145	30,2	15	54	-11
E30	310933	8977440	3142	3141	38,2	15	53	-28
E31	310929	8977440	3140	3138	30,5	15	62	24
E32	310925	8977441	3138	3138	37,2	15	63	-25
E33	310928	8977443	3138	3138	27,7	15	34	-16
E34	310920	8977443	3137	3136	41,4	15	51	-20
E35	310921	8977439	3136	3135	45,5	15	52	-21
E36	310924	8977437	3134	3134	31,7	15	59	-21
E37	310932	8977430	3133	3135	41	15	66	-24
E38	310932	8977428	3130	3134	28,7	15	60	-26
E39	310931	8977422	3134	3137	29,4	15	63	-26
E40	310928	8977426	3137	3134	30,7	15	56	-22

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL EUCALIPTO								
FECHA:		22/02/2022			LUGAR:		Plantación comunal de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
E41	310927	8977428	3134	3135	37,4	15	69	-9
E42	310920	8977434	3132	3132	34,6	15	59	-19
E43	310920	8977433	3134	3133	22,7	15	53	-10
E44	310920	8977446	3130	3132	24,6	15	46	-7
E45	310916	8977443	3132	3134	28,2	15	37	-16
E46	310910	8977440	3133	3133	27,3	15	56	-22
E47	310918	8977435	3134	3134	23,8	15	62	-16
E48	310929	8977430	3139	3138	18,3	15	61	-12
E49	310917	8977441	3139	3139	27,7	15	60	-15
E50	310917	8977442	3138	3138	36,4	15	61	-11
E51	310916	8977443	3138	3138	37,9	15	53	-14
E52	310917	8977439	3139	3138	15,1	15	47	-17
E53	310919	8977435	3135	3135	18	15	41	-16
E54	310917	8977433	3136	3135	29,3	15	64	-14
E55	310914	8977430	3136	3134	28,3	15	68	-10
E56	310917	8977423	3136	3136	26,6	15	65	-13
E57	310920	8977420	3137	3148	18,6	15	38	-15
E58	310917	8977422	3143	3144	18,6	15	44	-14
E59	310919	8977420	3143	3142	22,6	15	48	-9
E60	310923	8977420	3142	3141	24,5	15	58	-31

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL EUCALIPTO								
FECHA:		22/02/2022			LUGAR:		Plantación comunal de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
E61	310927	8977423	3141	3142	28,8	15	61	-26
E62	310929	8977418	3142	3143	25,2	15	66	-22
E63	310927	8977424	3139	3139	34,9	15	64	-26
E64	310932	8977422	3139	3139	13,1	15	27	-19
E65	310929	8977415	3135	3138	23,2	15	63	-14
E66	310929	8977413	3127	3135	15	15	58	-6
E67	310931	8977413	3138	3140	32,5	15	67	-20
E68	310940	8977410	3142	3141	30,9	15	64	-27
E69	310944	8977412	3142	3141	27	15	54	-28
E70	310948	8977412	3141	3144	35,3	15	68	-16
E71	310953	8977404	3165	3158	29,2	15	61	-20
E72	310946	8977400	3151	3152	27,4	15	63	-20
E73	310931	8977405	3153	3150	31,8	15	64	-9
E74	310924	8977406	3148	3150	42,7	15	69	-24
E75	310920	8977408	3151	3152	14,6	15	39	-23
E76	310920	8977400	3150	3148	29,4	15	59	10
E77	310921	8977396	3147	3149	16,5	15	56	-17
E78	310925	8977397	3150	3149	33,2	15	61	25
E79	310930	8977400	3149	3149	19,1	15	48	-8
E80	310938	8977402	3142	3142	32,8	15	65	-8

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL EUCALIPTO								
FECHA:		24/02/2022			LUGAR:		Plantación comunal de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
E81	310944	8977404	3142	3143	30,1	15	59	-16
E82	310943	8977397	3142	3144	20,4	15	38	-24
E83	310951	8977398	3140	3142	15,7	15	44	-13
E84	310956	8977420	3142	3142	40,2	15	63	-6
E85	310957	8977412	3143	3146	42,7	15	68	-21
E86	310953	8977411	3142	3143	40,4	15	58	-10
E87	310955	8977408	3147	3145	25,1	15	57	0
E88	310951	8977407	3143	3144	25,6	15	54	-24
E89	310955	8977409	3144	3146	17,8	15	24	-16
E90	310960	8977403	3140	3142	40,3	15	65	-12
E91	310960	8977397	3142	3144	29	15	57	-3
E92	310959	8977392	3145	3144	29,6	15	54	-5
E93	310962	8977396	3146	3144	39,2	15	71	7
E94	310962	8977395	3148	3151	38,7	15	69	-8
E95	310953	8977394	3149	3147	29,6	15	61	3
E96	310953	8977389	3147	3148	31,2	15	63	-6
E97	310955	8977389	3146	3148	30,2	15	61	-23
E98	310955	8977391	3147	3145	26,8	15	67	2
E99	310949	8977385	3144	3142	29,1	15	67	11
E100	310945	8977390	3145	3145	21,3	15	57	-21

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL EUCALIPTO								
FECHA:		24/02/2022			LUGAR:		Plantación comunal de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
E101	310936	8977388	3144	3146	30,5	15	66	-12
E102	310931	8977386	3140	3145	38,5	15	65	-14
E103	310925	8977384	3145	3147	17	15	52	-13
E104	310926	8977377	3148	3150	40	20	57	-14
E105	310932	8977378	3146	3145	14,7	15	43	10
E106	310939	8977378	3142	3140	31,5	20	58	5
E107	310943	8977379	3144	3145	30,6	15	58	-11
E108	310950	8977381	3144	3146	15,7	15	44	-16
E109	310950	8977373	3144	3145	39,2	15	59	-5
E110	310953	8977381	3142	3149	21,3	15	49	-15
E111	310957	8977388	3149	3147	22	15	57	12
E112	310960	8977390	3145	3145	24,2	15	44	-9
E113	310962	8977388	3146	3146	28,2	15	58	-6
E114	310961	8977386	3146	3145	24,5	15	51	-8
E115	310960	8977387	3144	3145	25,2	20	48	-6
E116	310956	8977389	3136	3137	34,8	15	64	-9
E117	310960	8977381	3141	3139	24,3	20	56	1
E118	310960	8977379	3144	3141	35	15	66	6
E119	310960	8977378	3145	3147	29	20	54	-4
E120	310960	8977377	3146	3146	32,2	20	56	-6

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL EUCALIPTO								
FECHA:		25/02/2022			LUGAR:		Plantación comunal de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
E121	310963	8977378	3139	3145	33	20	55	-3
E122	310964	8977372	3139	3147	25,6	20	53	-1
E123	310957	8977372	3152	3154	25,6	20	56	-2
E124	310960	8977372	3153	3154	17,5	15	51	-1
E125	310963	8977372	3154	3149	30	20	54	5
E126	310963	8977369	3150	3153	34,1	20	51	-10
E127	310962	8977367	3153	3153	17,8	15	36	-6
E128	310961	8977365	3151	3155	23,4	15	55	-4
E129	310961	8977367	3154	3151	31,5	15	56	-4
E130	310957	8977367	3153	3152	15,9	15	48	4
E131	310951	8977363	3151	3150	34,1	15	56	-2
E132	310954	8977364	3151	3153	26,7	15	58	-6
E133	310954	8977366	3146	3153	43	20	54	-12
E134	310949	8977358	3150	3154	34,5	20	53	-20
E135	310951	8977358	3150	3153	36	15	55	-18
E136	310950	8977351	3148	3149	19,7	15	34	-21
E137	310945	8977355	3147	3150	33,4	15	52	-20
E138	310944	8977359	3143	3146	40,4	20	48	-22
E139	310935	8977357	3142	3145	18,5	20	38	-21
E140	310936	8977360	3143	3149	34,2	20	51	-21

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL EUCALIPTO								
FECHA:		25/02/2022			LUGAR:		Plantación comunal de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
E141	310931	8977359	3144	3154	43	20	52	-19
E142	310935	8977363	3147	3145	23,6	15	37	13
E143	310931	8977365	3142	3143	28,1	15	58	-16
E144	310930	8977365	3142	3146	28,5	15	65	-21
E145	310927	8977363	3140	3140	15,1	15	37	-13
E146	310928	8977363	3140	3141	17,5	15	39	-21
E147	310928	8977363	3142	3143	23,2	15	48	-22
E148	310927	8977359	3141	3144	34,4	15	47	-25
E149	310926	8977358	3141	3140	21,6	15	53	-8
E150	310927	8977353	3139	3141	24,5	15	55	-9

## **ANEXO 9:**

# **Ficha de datos de campo del aliso**

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL ALISO								
FECHA:		28/02/2022			LUGAR:		Bosque de aliso de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Alnus acuminata</i>	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
A1	310609	8977246	3019	3019	15,1	15	27	-15
A2	310607	8977246	3019	3016	11,3	15	22	-7
A3	310607	8977246	3019	3018	15,2	15	35	-6
A4	310609	8977249	3018	3018	15	15	31	-19
A5	310608	8977249	3019	3019	14,8	15	24	-13
A6	310607	8977252	3020	3020	13,4	15	14	-19
A7	310616	8977254	3019	3019	17	15	18	-24
A8	310623	8977254	3020	3020	15,9	15	31	-5
A9	310622	8977252	3018	3018	15,9	15	48	-7
A10	310624	8977252	3022	3021	17,7	15	43	13
A11	310626	8977251	3020	3020	26,1	15	31	-28
A12	310624	8977249	3020	3018	14,3	15	44	5
A13	310624	8977249	3020	3018	14,3	15	48	1
A14	310618	8977262	3016	3015	11,1	15	33	2
A15	310619	8977261	3019	3018	11,5	15	41	8
A16	310622	8977262	3019	3019	10,5	15	14	-12
A17	310623	8977263	3018	3018	10,8	15	9	-16
A18	310616	8977264	3022	3018	14	15	37	8
A19	310616	8977265	3020	3019	17	15	36	7
A20	310619	8977266	3018	3018	19,4	15	21	-3

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL ALISO								
FECHA:		28/02/2022			LUGAR:		Bosque de aliso de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Alnus acuminata</i>	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
A21	310622	8977255	3018	3018	10,5	15	6	-7
A22	310628	8977259	3022	3022	20,7	15	34	-24
A23	310630	8977261	3022	3022	11,6	15	16	-12
A24	310634	8977248	3021	3021	19,1	15	34	-21
A25	310634	8977248	3021	3021	22,6	15	24	-22
A26	310634	8977246	3022	3022	14	15	4	-16
A27	310634	8977245	3022	3022	10,2	15	24	-7
A28	310635	8977247	3022	3022	10,5	15	14	-1
A29	310633	8977250	3019	3019	14,3	15	46	-3
A30	310634	8977249	3020	3020	18,9	15	41	-14
A31	310639	8977249	3023	3023	14,7	15	15	-19
A32	310637	8977251	3025	3026	10,5	15	5	-17
A33	310642	8977251	3025	3025	23,2	15	39	-3
A34	310638	8977251	3026	3025	15,9	15	42	6
A35	310639	8977262	3025	3025	13,1	15	29	-12
A36	310636	8977262	3025	3025	13,1	15	22	-14
A37	310639	8977259	3028	3028	12,2	15	16	-13
A38	310636	8977269	3026	3026	27,1	15	39	-1
A39	310633	8977273	3029	3029	15,6	15	13	-15
A40	310640	8977251	3026	3026	13,1	15	28	-10

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL ALISO								
FECHA:		02/03/2022			LUGAR:		Bosque de aliso de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Alnus acuminata</i>	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
A41	310639	8977251	3030	3030	11,1	15	11	-16
A42	310640	8977252	3031	3030	15,4	15	39	18
A43	310642	8977251	3028	3028	18,5	15	39	-17
A44	310642	8977251	3027	3027	13,7	15	39	-4
A45	310645	8977247	3026	3026	12,5	15	41	-8
A46	310644	8977251	3028	3024	10,2	15	29	3
A47	310644	8977253	3027	3025	17,2	15	49	2
A48	310644	8977253	3027	3027	10,1	15	39	-4
A49	310645	8977253	3027	3027	14,1	15	27	-11
A50	310646	8977252	3026	3026	19,1	15	31	-22
A51	310647	8977252	3028	3026	12,6	15	38	24
A52	310648	8977250	3028	3028	16,9	15	29	-25
A53	310644	8977249	3025	3025	17,5	15	36	-9
A54	310645	8977249	3025	3025	23,2	15	49	-13
A55	310651	8977249	3027	3027	20,6	15	37	-17
A56	310653	8977248	3027	3027	18,8	15	33	-28
A57	310653	8977244	3031	3031	25,5	20	26	-24
A58	310655	8977247	3034	3034	17,8	15	34	-20
A59	310654	8977248	3035	3035	16,9	15	29	-23
A60	310652	8977246	3034	3034	16,6	15	36	-14

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL ALISO								
FECHA:		02/03/2022			LUGAR:		Bosque de aliso de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Alnus acuminata</i>	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
A61	310652	8977260	3037	3035	12,1	15	29	4
A62	310636	8977277	3036	3032	16,9	15	32	3
A63	310638	8977277	3034	3032	18,5	15	41	5
A64	310643	8977274	3032	3032	13,1	15	29	-5
A65	310653	8977274	3039	3039	20,1	15	14	-27
A66	310658	8977272	3040	3037	10,8	15	31	12
A67	310658	8977273	3039	3038	10,7	15	34	5
A68	310657	8977270	3037	3037	14	15	33	-5
A69	310658	8977270	3037	3037	10,3	15	17	-9
A70	310656	8977266	3039	3039	13,1	15	14	-12
A71	310661	8977264	3031	3031	11,3	15	38	-8
A72	310657	8977264	3033	3033	10,9	15	37	-11
A73	310658	8977264	3032	3032	16,1	15	49	-7
A74	310658	8977263	3031	3031	18,5	15	46	-12
A75	310658	8977262	3033	3033	16,9	15	24	-19
A76	310663	8977271	3035	3035	10,8	15	24	-4
A77	310663	8977271	3035	3034	12,1	15	29	7
A78	310662	8977270	3037	3036	15,3	15	34	2
A79	310663	8977270	3037	3037	15,9	15	24	0
A80	310663	8977272	3037	3036	10,5	15	25	9

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL ALISO								
FECHA:		03/03/2022			LUGAR:		Bosque de aliso de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Alnus acuminata</i>	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
A81	310665	8977272	3037	3036	12,8	15	46	8
A82	310665	8977271	3038	3037	15,6	15	53	11
A83	310666	8977270	3039	3037	13,8	15	41	9
A84	310666	8977268	3039	3036	20,4	15	51	10
A85	310666	8977268	3039	3037	25,7	15	57	12
A86	310666	8977266	3039	3039	18,1	15	34	-10
A87	310666	8977266	3041	3041	16,1	15	33	-30
A88	310667	8977269	3040	3040	12,7	15	21	-26
A89	310672	8977277	3045	3041	10,8	15	31	3
A90	310670	8977277	3045	3040	10,4	15	35	8
A91	310664	8977277	3037	3036	29,6	15	24	-13
A92	310666	8977279	3035	3035	16,9	15	23	-8
A93	310666	8977278	3038	3038	11	15	22	-6
A94	310670	8977264	3039	3036	35	15	45	6
A95	310671	8977263	3035	3035	29,9	15	41	-18
A96	310675	8977260	3039	3039	23,2	15	29	-11
A97	310677	8977262	3037	3037	23,6	15	46	-12
A98	310677	8977263	3037	3037	15,3	15	34	-14
A99	310677	8977263	3036	3036	15,9	15	18	-14
A100	310676	8977273	3038	3038	20,4	15	33	-4

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL ALISO								
FECHA:		03/03/2022			LUGAR:		Bosque de aliso de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Alnus acuminata</i>	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
A101	310677	8977274	3039	3039	14,3	15	21	-14
A102	310684	8977268	3036	3036	21	15	28	-19
A103	310682	8977267	3037	3037	20,1	15	24	-16
A104	310664	8977282	3039	3039	24,2	15	10	-13
A105	310664	8977282	3039	3039	19,7	15	12	-23
A106	310661	8977283	3039	3042	10,8	15	4	-19
A107	310659	8977286	3039	3035	14,3	15	32	3
A108	310657	8977285	3037	3035	16,6	15	33	5
A109	310655	8977285	3037	3035	12,1	15	29	10
A110	310655	8977284	3037	3035	10,8	15	19	5
A111	310652	8977283	3034	3034	23,9	15	26	-22
A112	310688	8977255	3035	3035	23	15	47	-9
A113	310688	8977254	3036	3036	19,1	15	36	-9
A114	310687	8977255	3037	3037	23,2	15	40	-9
A115	310691	8977262	3046	3044	24,2	15	43	5
A116	310686	8977274	3044	3044	19,1	15	34	-2
A117	310687	8977274	3044	3043	14,6	15	31	3
A118	310692	8977280	3043	3040	26,7	15	52	5
A119	310689	8977280	3043	3043	11,5	15	26	0
A120	310689	8977282	3044	3044	13,4	15	36	-5

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL ALISO								
FECHA:		04/03/2022			LUGAR:		Bosque de aliso de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Alnus acuminata</i>	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
A121	310688	8977282	3045	3044	14	15	41	13
A122	310691	8977285	3047	3044	14,3	15	16	-4
A123	310677	8977298	3042	3042	18,8	15	18	-6
A124	310684	8977299	3044	3044	17,2	15	27	-7
A125	310684	8977297	3046	3044	13,7	15	24	-5
A126	310684	8977296	3047	3045	10,9	15	17	-4
A127	310684	8977295	3046	3046	11,6	15	25	-8
A128	310688	8977294	3046	3046	19,1	15	32	-2
A129	310688	8977304	3048	3048	16,9	15	21	-8
A130	310689	8977304	3050	3050	14	15	19	-7
A131	310691	8977302	3050	3050	13,4	15	21	-5
A132	310690	8977307	3052	3052	20,1	15	28	-9
A133	310700	8977294	3053	3053	11,9	15	11	-21
A134	310700	8977294	3053	3053	15,3	15	12	-19
A135	310695	8977288	3050	3053	14,3	15	7	-14
A136	310697	8977273	3050	3050	50,9	20	48	-4
A137	310696	8977307	3055	3055	13,7	15	32	-2
A138	310701	8977304	3055	3052	16,9	15	31	1
A139	310705	8977306	3055	3053	15,9	15	44	3
A140	310706	8977305	3055	3052	19,1	15	39	5
A141	310704	8977307	3053	3051	11,5	15	35	2
A142	310705	8977309	3053	3050	17,2	15	41	4

FICHA DE DATOS DE CAMPO DEL ALISO								
FECHA:		04/03/2022			LUGAR:		Bosque de aliso de Jircán	
TESISTA:		Jharison Vidal Heidinger			ESPECIE:		<i>Alnus acuminata</i>	
Código	Coordenadas UTM del árbol		Altitud del árbol (msnm)	Altitud del operador (msnm)	DAP (cm)	Distancia hacia el árbol (m)	Ángulo hacia el ápice	Ángulo hacia la base
	Este (m)	Norte (m)						
A143	310704	8977303	3050	3050	17,8	15	22	-19
A144	310703	8977309	3051	3051	24,2	15	21	-24
A145	310717	8977302	3053	3057	15,9	15	8	-18
A146	310712	8977281	3054	3054	22,9	15	45	-6
A147	310726	8977287	3059	3059	24,5	20	37	-8
A148	310727	8977284	3057	3057	24,7	20	36	-9
A149	310727	8977282	3055	3055	22	15	42	-21
A150	310730	8977281	3055	3055	23,2	15	45	-21

# **ANEXO 10**

## **Ficha de cálculos del eucalipto**

<b>ESTIMACIÓN DE LA ALTURA DEL EUCALIPTO</b>				
<b>Código</b>	<b>D (m)</b>	<b>h<sub>1</sub> (m)</b>	<b>h<sub>2</sub> (m)</b>	<b>H (m)</b>
E1	19,36	29,82	6,29	36,11
E2	19,77	17,80	6,42	24,23
E3	15,00	6,68	2,11	8,79
E4	14,87	19,73	4,55	24,27
E5	15,00	20,65	4,87	25,52
E6	13,27	14,23	2,58	16,81
E7	15,00	19,91	5,76	25,66
E8	15,00	23,10	6,37	29,47
E9	14,14	22,63	1,74	24,37
E10	14,97	25,92	1,57	27,50
E11	14,70	26,51	2,33	28,84
E12	14,87	25,75	1,83	27,57
E13	14,46	28,37	4,42	23,95
E14	14,87	23,79	2,35	26,15
E15	15,00	37,13	2,64	39,77
E16	14,87	19,03	6,01	25,03
E17	14,87	17,72	4,83	22,55
E18	14,97	24,91	2,91	27,82
E19	15,00	32,17	6,68	38,85
E20	15,00	28,21	6,06	34,27
E21	14,87	22,89	4,83	27,72
E22	14,97	22,19	5,45	27,64
E23	14,97	19,16	6,05	25,20
E24	14,87	18,36	6,62	24,98
E25	14,70	20,99	4,78	25,76
E26	15,00	24,01	5,16	29,17
E27	15,00	27,06	6,68	33,74
E28	14,87	30,48	6,31	36,79
E29	14,97	20,60	2,91	23,51
E30	14,97	19,86	7,96	27,82
E31	14,87	27,96	6,62	21,34
E32	15,00	29,44	6,99	36,43
E33	15,00	10,12	4,30	14,42
E34	14,97	18,48	5,45	23,93
E35	14,97	19,16	5,75	24,90
E36	15,00	24,96	5,76	30,72
E37	14,87	33,39	6,62	40,01
E38	14,46	25,04	7,05	32,09
E39	14,70	28,84	7,17	36,01
E40	14,70	21,79	5,94	27,73
E41	14,97	38,99	2,37	41,36
E42	15,00	24,96	5,16	30,13
E43	14,97	19,86	2,64	22,50
E44	14,87	15,39	1,83	17,22
E45	14,87	11,20	4,26	15,47
E46	15,00	22,24	6,06	28,30
E47	15,00	28,21	4,30	32,51
E48	14,97	27,00	3,18	30,18
E49	15,00	25,98	4,02	30,00
E50	15,00	27,06	2,92	29,98

<b>ESTIMACIÓN DE LA ALTURA DEL EUCALIPTO</b>				
<b>Código</b>	<b>D (m)</b>	<b>h<sub>1</sub> (m)</b>	<b>h<sub>2</sub> (m)</b>	<b>H (m)</b>
E51	15,00	19,91	3,74	23,65
E52	14,97	16,05	4,58	20,63
E53	15,00	13,04	4,30	17,34
E54	14,97	30,69	3,73	34,42
E55	14,87	36,79	2,62	39,42
E56	15,00	32,17	3,46	35,63
E57	10,20	7,97	2,73	10,70
E58	14,97	14,45	3,73	18,18
E59	14,97	16,62	2,37	18,99
E60	14,97	23,95	8,99	32,94
E61	14,97	27,00	7,30	34,30
E62	14,97	33,62	6,05	39,66
E63	15,00	30,75	7,32	38,07
E64	15,00	7,64	5,16	12,81
E65	14,70	28,84	3,66	32,51
E66	12,69	20,31	1,33	21,64
E67	14,87	35,02	5,41	40,43
E68	14,97	30,69	7,63	38,31
E69	14,97	20,60	7,96	28,56
E70	14,70	36,38	4,21	40,59
E71	13,27	23,93	4,83	28,76
E72	14,97	29,37	5,45	34,82
E73	14,70	30,13	2,33	32,46
E74	14,87	38,73	6,62	45,35
E75	14,97	12,12	6,35	18,47
E76	14,87	24,74	2,62	22,12
E77	14,87	22,04	4,55	26,58
E78	14,97	27,00	6,98	20,02
E79	15,00	16,66	2,11	18,77
E80	15,00	32,17	2,11	34,28
E81	14,97	24,91	4,29	29,20
E82	14,87	11,61	6,62	18,23
E83	14,87	14,36	3,43	17,79
E84	15,00	29,44	1,58	31,02
E85	14,70	36,38	5,64	42,02
E86	14,97	23,95	2,64	26,59
E87	14,87	22,89	0,00	22,89
E88	14,97	20,60	6,66	27,26
E89	14,87	6,62	4,26	10,88
E90	14,87	31,88	3,16	35,04
E91	14,87	22,89	0,78	23,67
E92	14,97	20,60	1,31	21,91
E93	14,87	43,17	1,83	41,35
E94	14,70	38,29	2,07	40,35
E95	14,87	26,82	0,78	26,04
E96	14,97	29,37	1,57	30,95
E97	14,87	26,82	6,31	33,13
E98	14,87	35,02	0,52	34,50
E99	14,87	35,02	2,89	32,13
E100	15,00	23,10	5,76	28,86

<b>ESTIMACIÓN DE LA ALTURA DEL EUCALIPTO</b>				
<b>Código</b>	<b>D (m)</b>	<b>h<sub>1</sub> (m)</b>	<b>h<sub>2</sub> (m)</b>	<b>H (m)</b>
E101	14,87	33,39	3,16	36,55
E102	14,14	30,33	3,53	33,85
E103	14,87	19,03	3,43	22,46
E104	19,90	30,64	4,96	35,60
E105	14,97	13,96	2,64	11,32
E106	19,90	31,85	1,74	30,11
E107	14,97	23,95	2,91	26,86
E108	14,87	14,36	4,26	18,62
E109	14,97	24,91	1,31	26,22
E110	13,27	15,26	3,55	18,82
E111	14,87	22,89	3,16	19,73
E112	15,00	14,49	2,38	16,86
E113	15,00	24,01	1,58	25,58
E114	14,97	18,48	2,10	20,59
E115	19,97	22,18	2,10	24,28
E116	14,97	30,69	2,37	33,06
E117	19,90	29,50	0,35	29,16
E118	14,70	33,01	1,54	31,47
E119	19,90	27,39	1,39	28,78
E120	20,00	29,65	2,10	31,75
E121	19,08	27,25	1,00	28,25
E122	18,33	24,33	0,32	24,65
E123	19,90	29,50	0,69	30,20
E124	14,97	18,48	0,26	18,74
E125	19,36	26,65	1,69	24,96
E126	19,77	24,42	3,49	27,91
E127	15,00	10,90	1,58	12,47
E128	14,46	20,65	1,01	21,66
E129	14,70	21,79	1,03	22,82
E130	14,97	16,62	1,05	15,58
E131	14,97	22,19	0,52	22,71
E132	14,87	23,79	1,56	25,35
E133	18,73	25,79	3,98	29,77
E134	19,60	26,00	7,13	33,14
E135	14,70	20,99	4,78	25,76
E136	14,97	10,10	5,75	15,84
E137	14,70	18,81	5,35	24,16
E138	19,77	21,96	7,99	29,95
E139	19,77	15,45	7,59	23,04
E140	19,08	23,56	7,32	30,88
E141	17,32	22,17	5,96	28,13
E142	14,87	11,20	3,43	7,77
E143	14,97	23,95	4,29	28,24
E144	14,46	31,00	5,55	36,55
E145	15,00	11,30	3,46	14,77
E146	14,97	12,12	5,75	17,86
E147	14,97	16,62	6,05	22,67
E148	14,70	15,76	6,85	22,61
E149	14,97	19,86	2,10	21,96
E150	14,87	21,23	2,35	23,59

ESTIMACIÓN DE BIOMASA, CARBONO Y CO <sub>2</sub> DEL EUCALIPTO								
Código	Btronco (kg)	Bramas (kg)	Bhojas (kg)	Ba (kg)	Br (kg)	Bt (kg)	C (kg)	CO <sub>2</sub> (kg)
E1	1233,09	135,42	40,17	1408,68	244,92	1653,60	826,80	3031,87
E2	336,75	44,51	16,31	397,58	156,09	553,67	276,83	1015,15
E3	83,33	20,14	8,58	112,05	92,77	204,82	102,41	375,54
E4	492,67	66,79	22,66	582,12	188,48	770,60	385,30	1412,89
E5	514,85	67,63	22,89	605,38	189,48	794,85	397,43	1457,37
E6	122,84	19,49	8,36	150,69	90,15	240,84	120,42	441,58
E7	444,17	57,52	20,08	521,77	176,56	698,33	349,16	1280,39
E8	485,62	57,52	20,08	563,22	176,56	739,78	369,89	1356,39
E9	212,05	27,03	10,89	249,98	116,27	366,25	183,12	671,51
E10	416,15	51,15	18,26	485,57	167,19	652,76	326,38	1196,83
E11	534,69	64,71	22,09	621,48	185,96	807,44	403,72	1480,44
E12	513,22	63,89	21,86	598,97	184,94	783,91	391,95	1437,30
E13	322,57	42,85	15,82	381,24	153,04	534,28	267,14	979,60
E14	294,06	36,53	13,90	344,49	140,31	484,80	242,40	888,88
E15	1171,65	119,94	36,41	1328,00	235,23	1563,23	781,61	2866,18
E16	334,29	43,18	15,92	393,38	153,66	547,04	273,52	1003,00
E17	492,06	70,19	23,59	585,84	192,44	778,28	389,14	1426,98
E18	201,27	23,33	9,67	234,26	104,51	338,78	169,39	621,15
E19	798,86	80,93	26,48	906,27	203,82	1110,09	555,04	2035,34
E20	545,54	58,69	20,41	624,64	178,16	802,80	401,40	1471,94
E21	591,72	74,12	24,66	690,50	196,80	887,29	443,65	1626,85
E22	358,90	43,51	16,02	418,42	154,27	572,69	286,34	1050,02
E23	450,11	59,08	20,52	529,71	178,69	708,40	354,20	1298,85
E24	490,14	65,12	22,20	577,47	186,46	763,93	381,97	1400,67
E25	554,96	72,79	24,30	652,05	195,36	847,41	423,70	1553,72
E26	577,78	69,76	23,47	671,01	191,95	862,97	431,48	1582,25
E27	686,88	75,90	25,14	787,93	198,70	986,62	493,31	1808,97
E28	1079,43	115,95	35,43	1230,81	232,52	1463,33	731,66	2683,01
E29	361,30	49,00	17,63	427,94	163,76	591,69	295,85	1084,87
E30	650,83	81,87	26,72	759,42	204,73	964,15	482,08	1767,78
E31	346,32	50,07	17,95	414,34	165,48	579,82	289,91	1063,10

ESTIMACIÓN DE BIOMASA, CARBONO Y CO <sub>2</sub> DEL EUCALIPTO								
Código	Btronco (kg)	Bramas (kg)	Bhojas (kg)	Ba (kg)	Br (kg)	Bt (kg)	C (kg)	CO <sub>2</sub> (kg)
E32	733,87	77,26	25,50	836,63	200,11	1036,73	518,37	1900,85
E33	220,86	40,57	15,14	276,57	148,69	425,26	212,63	779,72
E34	695,91	97,59	30,81	824,31	218,76	1043,07	521,54	1912,48
E35	865,88	119,94	36,41	1022,24	235,23	1257,46	628,73	2305,56
E36	474,15	54,47	19,21	547,84	172,21	720,05	360,02	1320,21
E37	950,87	95,54	30,29	1076,70	217,07	1293,77	646,88	2372,12
E38	398,09	43,84	16,12	458,05	154,88	612,93	306,46	1123,80
E39	450,50	46,21	16,82	513,53	159,08	672,60	336,30	1233,22
E40	415,64	50,79	18,15	484,59	166,62	651,21	325,60	1193,99
E41	805,28	78,17	25,74	909,19	201,04	1110,23	555,12	2035,61
E42	559,85	65,95	22,43	648,23	187,47	835,71	417,85	1532,27
E43	196,07	26,27	10,64	232,99	113,98	346,97	173,48	636,17
E44	194,39	31,31	12,27	237,97	128,00	365,96	182,98	670,99
E45	239,68	42,19	15,62	297,49	151,81	449,30	224,65	823,80
E46	331,41	39,31	14,75	385,46	146,16	531,62	265,81	974,73
E47	273,93	29,13	11,57	314,63	122,23	436,86	218,43	800,98
E48	152,67	16,41	7,27	176,35	76,41	252,76	126,38	463,43
E49	354,52	40,57	15,14	410,23	148,69	558,92	279,46	1024,78
E50	618,89	73,68	24,54	717,11	196,32	913,43	456,71	1674,77
E51	576,60	80,47	26,35	683,43	203,36	886,79	443,39	1625,92
E52	80,63	10,78	5,17	96,59	42,90	139,49	69,75	255,76
E53	103,19	15,83	7,06	126,08	73,53	199,61	99,80	365,98
E54	434,48	45,87	16,72	497,06	158,48	655,54	327,77	1201,94
E55	441,78	42,52	15,72	500,02	152,43	652,45	326,23	1196,27
E56	364,71	37,14	14,09	415,94	141,63	557,57	278,78	1022,30
E57	80,78	17,00	7,48	105,26	79,25	184,51	92,25	338,29
E58	113,77	17,00	7,48	138,26	79,25	217,51	108,75	398,80
E59	174,17	26,02	10,56	210,74	113,21	323,96	161,98	593,97
E60	293,12	31,03	12,18	336,33	127,29	463,62	231,81	850,05
E61	418,55	44,18	16,21	478,94	155,48	634,42	317,21	1163,21
E62	350,01	33,00	12,80	395,82	132,20	528,02	264,01	968,12

ESTIMACIÓN DE BIOMASA, CARBONO Y CO <sub>2</sub> DEL EUCALIPTO								
Código	Btronco (kg)	Bramas (kg)	Bhojas (kg)	Ba (kg)	Br (kg)	Bt (kg)	C (kg)	CO <sub>2</sub> (kg)
E63	662,75	67,21	22,78	752,74	188,98	941,72	470,86	1726,64
E64	44,35	7,91	4,02	56,28	18,12	74,40	37,20	136,42
E65	259,99	27,55	11,06	298,60	117,78	416,38	208,19	763,44
E66	82,05	10,63	5,11	97,79	41,74	139,53	69,77	255,84
E67	595,75	57,52	20,08	673,35	176,56	849,91	424,95	1558,30
E68	519,02	51,52	18,36	588,90	167,75	756,65	378,33	1387,32
E69	325,92	38,37	14,47	378,76	144,23	522,99	261,49	958,90
E70	707,03	68,90	23,24	799,17	190,97	990,13	495,07	1815,41
E71	384,22	45,53	16,62	446,36	157,89	604,25	302,12	1107,89
E72	381,75	39,62	14,85	436,22	146,79	583,01	291,51	1068,96
E73	494,48	54,85	19,32	568,66	172,76	741,42	370,71	1359,39
E74	1120,15	104,41	32,54	1257,10	224,15	1481,25	740,63	2715,87
E75	70,10	10,02	4,88	85,00	37,03	122,02	61,01	223,73
E76	328,83	46,21	16,82	391,86	159,08	550,94	275,47	1010,15
E77	113,85	13,09	6,05	132,99	58,36	191,35	95,68	350,84
E78	395,19	60,26	20,85	476,30	180,27	656,57	328,29	1203,83
E79	122,58	18,02	7,84	148,44	83,87	232,31	116,15	425,94
E80	545,59	58,69	20,41	624,69	178,16	802,85	401,42	1472,02
E81	412,80	48,65	17,53	478,98	163,18	642,16	321,08	1177,40
E82	137,63	20,80	8,81	167,24	95,35	262,59	131,30	481,47
E83	79,35	11,74	5,54	96,64	49,69	146,33	73,16	268,29
E84	774,87	91,52	29,25	895,64	213,63	1109,27	554,64	2033,85
E85	1066,33	104,41	32,54	1203,28	224,15	1427,43	713,72	2617,20
E86	708,68	92,52	29,51	830,70	214,50	1045,20	522,60	1916,37
E87	243,43	32,72	12,71	288,86	131,51	420,37	210,18	770,75
E88	283,72	34,16	13,17	331,04	134,95	465,99	232,99	854,39
E89	74,65	15,45	6,92	97,02	71,58	168,60	84,30	309,12
E90	842,67	92,02	29,38	964,06	214,07	1178,13	589,06	2160,09
E91	334,07	44,85	16,41	395,33	156,69	552,02	276,01	1012,13
E92	331,36	46,90	17,02	395,28	160,26	555,54	277,77	1018,59
E93	886,24	86,62	27,97	1000,84	209,24	1210,08	605,04	2218,68

ESTIMACIÓN DE BIOMASA, CARBONO Y CO <sub>2</sub> DEL EUCALIPTO								
Código	Btronco (kg)	Bramas (kg)	Bhojas (kg)	Ba (kg)	Br (kg)	Bt (kg)	C (kg)	CO <sub>2</sub> (kg)
E94	849,82	84,23	27,35	961,39	207,00	1168,39	584,20	2142,25
E95	370,47	46,90	17,02	434,39	160,26	594,65	297,33	1090,29
E96	461,17	52,62	18,68	532,47	169,44	701,91	350,95	1286,94
E97	450,91	49,00	17,63	517,55	163,76	681,31	340,65	1249,18
E98	362,72	37,75	14,28	414,75	142,93	557,68	278,84	1022,51
E99	409,85	45,19	16,51	471,55	157,29	628,84	314,42	1152,97
E100	202,19	22,86	9,51	234,56	102,88	337,44	168,72	618,70
E101	490,25	50,07	17,95	558,27	165,48	723,75	361,87	1327,00
E102	750,72	83,28	27,10	861,09	206,10	1067,19	533,59	1956,69
E103	108,52	13,97	6,38	128,87	63,56	192,44	96,22	352,83
E104	838,51	90,53	28,99	958,03	212,76	1170,80	585,40	2146,65
E105	51,80	10,17	4,93	66,91	38,22	105,12	52,56	192,75
E106	461,97	53,73	19,00	534,70	171,11	705,80	352,90	1294,09
E107	404,50	50,43	18,05	472,98	166,05	639,04	319,52	1171,68
E108	81,73	11,74	5,54	99,01	49,69	148,70	74,35	272,65
E109	660,32	86,62	27,97	774,91	209,24	984,15	492,08	1804,44
E110	153,40	22,86	9,51	185,76	102,88	288,65	144,32	529,23
E111	168,97	24,53	10,07	203,57	108,52	312,09	156,05	572,22
E112	185,45	30,21	11,92	227,58	125,14	352,72	176,36	646,71
E113	331,75	42,19	15,62	389,56	151,81	541,37	270,69	992,61
E114	216,34	31,03	12,18	259,55	127,29	386,84	193,42	709,27
E115	254,96	33,00	12,80	300,76	132,20	432,96	216,48	793,83
E116	601,44	66,79	22,66	690,89	188,48	879,37	439,68	1612,32
E117	266,38	30,48	12,01	308,87	125,86	434,72	217,36	797,07
E118	589,43	67,63	22,89	679,95	189,48	869,43	434,72	1594,10
E119	379,03	44,85	16,41	440,29	156,69	596,98	298,49	1094,56
E120	500,10	56,37	19,75	576,22	174,94	751,16	375,58	1377,25
E121	487,52	59,47	20,63	567,62	179,22	746,84	373,42	1369,34
E122	265,81	34,16	13,17	313,13	134,95	448,08	224,04	821,55
E123	303,09	34,16	13,17	350,41	134,95	485,35	242,68	889,89
E124	102,44	14,88	6,72	124,04	68,62	192,66	96,33	353,24

ESTIMACIÓN DE BIOMASA, CARBONO Y CO <sub>2</sub> DEL EUCALIPTO								
Código	Btronco (kg)	Bramas (kg)	Bhojas (kg)	Ba (kg)	Br (kg)	Bt (kg)	C (kg)	CO <sub>2</sub> (kg)
E125	370,48	48,30	17,43	436,21	162,60	598,81	299,40	1097,91
E126	517,19	63,89	21,86	602,94	184,94	787,88	393,94	1444,58
E127	81,53	15,45	6,92	103,90	71,58	175,48	87,74	321,75
E128	203,54	28,07	11,23	242,84	119,28	362,11	181,06	663,94
E129	386,24	53,73	19,00	458,96	171,11	630,07	315,04	1155,24
E130	74,73	12,07	5,67	92,47	51,90	144,37	72,19	264,71
E131	452,78	63,89	21,86	538,53	184,94	723,46	361,73	1326,47
E132	295,00	37,44	14,18	346,63	142,28	488,91	244,45	896,41
E133	865,82	106,02	32,95	1004,78	225,37	1230,15	615,08	2255,49
E134	591,83	65,54	22,32	679,68	186,97	866,65	433,33	1589,01
E135	548,72	71,92	24,06	644,70	194,39	839,09	419,54	1538,47
E136	117,02	19,28	8,28	144,58	89,27	233,85	116,92	428,76
E137	451,69	61,06	21,07	533,82	181,32	715,14	357,57	1311,21
E138	765,28	92,52	29,51	887,31	214,50	1101,80	550,90	2020,16
E139	131,11	16,80	7,41	155,32	78,31	233,63	116,82	428,37
E140	555,52	64,30	21,97	641,79	185,45	827,24	413,62	1516,75
E141	834,78	106,02	32,95	973,75	225,37	1199,12	599,56	2198,59
E142	106,82	28,60	11,40	146,82	120,76	267,58	133,79	490,61
E143	351,09	41,87	15,52	408,48	151,19	559,67	279,84	1026,16
E144	426,87	43,18	15,92	485,97	153,66	639,62	319,81	1172,75
E145	64,98	10,78	5,17	80,94	42,90	123,84	61,92	227,05
E146	99,31	14,88	6,72	120,91	68,62	189,53	94,77	347,51
E147	205,98	27,55	11,06	244,60	117,78	362,38	181,19	664,42
E148	459,67	65,12	22,20	546,99	186,46	733,46	366,73	1344,79
E149	174,43	23,57	9,75	207,74	105,32	313,07	156,53	574,01
E150	236,21	31,03	12,18	279,42	127,29	406,71	203,36	745,70
<b>Total</b>	<b>62521,91</b>	<b>7475,86</b>	<b>2619,81</b>	<b>72617,58</b>	<b>22716,66</b>	<b>95334,24</b>	<b>47667,12</b>	<b>174795,32</b>

# **ANEXO 11**

## **Ficha de cálculos del aliso**

ESTIMACIÓN DE LA ALTURA DEL ALISO				
Código	D (m)	h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)	H (m)
A1	15,00	7,64	4,02	11,66
A2	14,70	5,94	1,80	7,74
A3	14,97	10,48	1,57	12,05
A4	15,00	9,01	5,16	14,18
A5	15,00	6,68	3,46	10,14
A6	15,00	3,74	5,16	8,90
A7	15,00	4,87	6,68	11,55
A8	15,00	9,01	1,31	10,33
A9	15,00	16,66	1,84	18,50
A10	14,97	13,96	3,46	10,50
A11	15,00	9,01	7,98	16,99
A12	14,87	14,36	1,30	13,06
A13	14,87	16,51	0,26	16,25
A14	14,97	9,72	0,52	9,20
A15	14,97	13,01	2,10	10,91
A16	15,00	3,74	3,19	6,93
A17	15,00	2,38	4,30	6,68
A18	14,46	10,89	2,03	8,86
A19	14,97	10,87	1,84	9,04
A20	15,00	5,76	0,79	6,54
A21	15,00	1,58	1,84	3,42
A22	15,00	10,12	6,68	16,80
A23	15,00	4,30	3,19	7,49
A24	15,00	10,12	5,76	15,88
A25	15,00	6,68	6,06	12,74
A26	15,00	1,05	4,30	5,35
A27	15,00	6,68	1,84	8,52
A28	15,00	3,74	0,26	4,00
A29	15,00	15,53	0,79	16,32
A30	15,00	13,04	3,74	16,78
A31	15,00	4,02	5,16	9,18
A32	14,97	1,31	4,58	5,89
A33	15,00	12,15	0,79	12,93
A34	14,97	13,48	1,57	11,90
A35	15,00	8,31	3,19	11,50
A36	15,00	6,06	3,74	9,80
A37	15,00	4,30	3,46	7,76
A38	15,00	12,15	0,26	12,41
A39	15,00	3,46	4,02	7,48
A40	15,00	7,98	2,64	10,62
A41	15,00	2,92	4,30	7,22
A42	14,97	12,12	4,86	7,26
A43	15,00	12,15	4,59	16,73
A44	15,00	12,15	1,05	13,20
A45	15,00	13,04	2,11	15,15
A46	14,46	8,01	0,76	7,26
A47	14,87	17,10	0,52	16,58
A48	15,00	12,15	1,05	13,20
A49	15,00	7,64	2,92	10,56
A50	15,00	9,01	6,06	15,07

ESTIMACIÓN DE LA ALTURA DEL ALISO				
Código	D (m)	h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)	H (m)
A51	14,87	11,61	6,62	5,00
A52	15,00	8,31	6,99	15,31
A53	15,00	10,90	2,38	13,27
A54	15,00	17,26	3,46	20,72
A55	15,00	11,30	4,59	15,89
A56	15,00	9,74	7,98	17,72
A57	20,00	9,75	8,90	18,66
A58	15,00	10,12	5,46	15,58
A59	15,00	8,31	6,37	14,68
A60	15,00	10,90	3,74	14,64
A61	14,87	8,24	1,04	7,20
A62	14,46	9,03	0,76	8,28
A63	14,87	12,92	1,30	11,62
A64	15,00	8,31	1,31	9,63
A65	15,00	3,74	7,64	11,38
A66	14,70	8,83	3,12	5,71
A67	14,97	10,10	1,31	8,79
A68	15,00	9,74	1,31	11,05
A69	15,00	4,59	2,38	6,96
A70	15,00	3,74	3,19	6,93
A71	15,00	11,72	2,11	13,83
A72	15,00	11,30	2,92	14,22
A73	15,00	17,26	1,84	19,10
A74	15,00	15,53	3,19	18,72
A75	15,00	6,68	5,16	11,84
A76	15,00	6,68	1,05	7,73
A77	14,97	8,30	1,84	6,46
A78	14,97	10,10	0,52	9,57
A79	15,00	6,68	0,00	6,68
A80	14,97	6,98	2,37	4,61
A81	14,97	15,50	2,10	13,39
A82	14,97	19,86	2,91	16,95
A83	14,87	12,92	2,35	10,57
A84	14,70	18,15	2,59	15,56
A85	14,87	22,89	3,16	19,73
A86	15,00	10,12	2,64	12,76
A87	15,00	9,74	8,66	18,40
A88	15,00	5,76	7,32	13,07
A89	14,46	8,69	0,76	7,93
A90	14,14	9,90	1,99	7,91
A91	14,97	6,66	3,46	10,12
A92	15,00	6,37	2,11	8,48
A93	15,00	6,06	1,58	7,64
A94	14,70	14,70	1,54	13,15
A95	15,00	13,04	4,87	17,91
A96	15,00	8,31	2,92	11,23
A97	15,00	15,53	3,19	18,72
A98	15,00	10,12	3,74	13,86
A99	15,00	4,87	3,74	8,61
A100	15,00	9,74	1,05	10,79

ESTIMACIÓN DE LA ALTURA DEL ALISO				
Código	D (m)	h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)	H (m)
A101	15,00	5,76	3,74	9,50
A102	15,00	7,98	5,16	13,14
A103	15,00	6,68	4,30	10,98
A104	15,00	2,64	3,46	6,11
A105	15,00	3,19	6,37	9,56
A106	14,70	1,03	5,06	6,09
A107	14,46	9,03	0,76	8,28
A108	14,87	9,65	1,30	8,35
A109	14,87	8,24	2,62	5,62
A110	14,87	5,12	1,30	3,82
A111	15,00	7,32	6,06	13,38
A112	15,00	16,09	2,38	18,46
A113	15,00	10,90	2,38	13,27
A114	15,00	12,59	2,38	14,96
A115	14,87	13,86	1,30	12,56
A116	15,00	10,12	0,52	10,64
A117	14,97	8,99	0,78	8,21
A118	14,70	18,81	1,29	17,53
A119	15,00	7,32	0,00	7,32
A120	15,00	10,90	1,31	12,21
A121	14,97	13,01	3,46	9,55
A122	14,70	4,21	1,03	5,24
A123	15,00	4,87	1,58	6,45
A124	15,00	7,64	1,84	9,48
A125	14,87	6,62	1,30	7,92
A126	14,87	4,55	1,04	5,58
A127	15,00	6,99	2,11	9,10
A128	15,00	9,37	0,52	9,90
A129	15,00	5,76	2,11	7,87
A130	15,00	5,16	1,84	7,01
A131	15,00	5,76	1,31	7,07
A132	15,00	7,98	2,38	10,35
A133	15,00	2,92	5,76	8,67
A134	15,00	3,19	5,16	8,35
A135	14,70	1,80	3,66	5,47
A136	20,00	22,21	1,40	23,61
A137	15,00	9,37	0,52	9,90
A138	14,70	8,83	0,26	8,57
A139	14,87	14,36	0,78	13,58
A140	14,70	11,90	1,29	10,62
A141	14,87	10,41	0,52	9,89
A142	14,70	12,78	1,03	11,75
A143	15,00	6,06	5,16	11,23
A144	15,00	5,76	6,68	12,44
A145	14,46	2,03	4,70	6,73
A146	15,00	15,00	1,58	16,58
A147	20,00	15,07	2,81	17,88
A148	20,00	14,53	3,17	17,70
A149	15,00	13,51	5,76	19,26
A150	15,00	15,00	5,76	20,76

<b>ESTIMACIÓN DE BIOMASA, CARBONO Y CO<sub>2</sub> DEL ALISO</b>					
<b>Código</b>	<b>Ba (kg)</b>	<b>Br (kg)</b>	<b>Bt (kg)</b>	<b>C (kg)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (kg)</b>
A1	51,07	12,88	63,95	31,97	117,25
A2	25,85	6,86	32,71	16,36	59,98
A3	51,86	13,07	64,93	32,47	119,05
A4	50,28	12,70	62,97	31,49	115,46
A5	48,72	12,33	61,05	30,52	111,93
A6	38,58	9,94	48,51	24,26	88,95
A7	67,45	16,66	84,12	42,06	154,23
A8	57,65	14,41	72,06	36,03	132,12
A9	57,65	14,41	72,06	36,03	132,12
A10	74,15	18,19	92,35	46,17	169,32
A11	184,56	42,31	226,87	113,44	415,97
A12	44,94	11,44	56,38	28,19	103,38
A13	44,94	11,44	56,38	28,19	103,38
A14	24,79	6,60	31,39	15,70	57,56
A15	26,94	7,13	34,07	17,03	62,46
A16	21,76	5,85	27,61	13,80	50,62
A17	23,25	6,22	29,47	14,73	54,03
A18	42,76	10,93	53,69	26,84	98,43
A19	67,45	16,66	84,12	42,06	154,23
A20	91,97	22,20	114,17	57,09	209,34
A21	21,76	5,85	27,61	13,80	50,62
A22	107,10	25,56	132,66	66,33	243,24
A23	27,50	7,26	34,76	17,38	63,73
A24	88,67	21,46	110,13	55,07	201,92
A25	131,62	30,94	162,56	81,28	298,06
A26	42,76	10,93	53,69	26,84	98,43
A27	20,33	5,49	25,82	12,91	47,34
A28	21,76	5,85	27,61	13,80	50,62
A29	44,94	11,44	56,38	28,19	103,38
A30	86,50	20,98	107,48	53,74	197,06
A31	47,95	12,15	60,10	30,05	110,19
A32	21,76	5,85	27,61	13,80	50,62
A33	139,97	32,75	172,73	86,36	316,70
A34	57,65	14,41	72,06	36,03	132,12
A35	36,58	9,46	46,04	23,02	84,41
A36	36,58	9,46	46,04	23,02	84,41
A37	30,95	8,10	39,05	19,53	71,61
A38	201,60	45,91	247,51	123,75	453,81
A39	55,13	13,83	68,95	34,48	126,42
A40	36,58	9,46	46,04	23,02	84,41
A41	24,79	6,60	31,39	15,70	57,56
A42	53,48	13,44	66,92	33,46	122,70
A43	82,26	20,03	102,29	51,15	187,55
A44	40,64	10,43	51,06	25,53	93,62
A45	32,77	8,54	41,31	20,66	75,74
A46	20,33	5,49	25,82	12,91	47,34
A47	69,33	17,09	86,42	43,21	158,46
A48	19,86	5,37	25,24	12,62	46,28
A49	43,48	11,10	54,58	27,29	100,07

<b>ESTIMACIÓN DE BIOMASA, CARBONO Y CO<sub>2</sub> DEL ALISO</b>					
<b>Código</b>	<b>Ba (kg)</b>	<b>Br (kg)</b>	<b>Bt (kg)</b>	<b>C (kg)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (kg)</b>
A50	88,67	21,46	110,13	55,07	201,92
A51	33,39	8,69	42,08	21,04	77,15
A52	66,52	16,45	82,98	41,49	152,14
A53	72,20	17,75	89,95	44,97	164,92
A54	139,97	32,75	172,73	86,36	316,70
A55	105,89	25,30	131,19	65,59	240,53
A56	85,43	20,74	106,17	53,08	194,66
A57	174,76	40,22	214,98	107,49	394,16
A58	75,14	18,42	93,56	46,78	171,54
A59	66,52	16,45	82,98	41,49	152,14
A60	63,78	15,82	79,61	39,80	145,96
A61	30,36	7,96	38,32	19,16	70,26
A62	66,52	16,45	82,98	41,49	152,14
A63	82,26	20,03	102,29	51,15	187,55
A64	36,58	9,46	46,04	23,02	84,41
A65	99,95	23,98	123,93	61,97	227,23
A66	23,25	6,22	29,47	14,73	54,03
A67	22,75	6,09	28,84	14,42	52,88
A68	42,76	10,93	53,69	26,84	98,43
A69	20,80	5,61	26,41	13,20	48,42
A70	36,58	9,46	46,04	23,02	84,41
A71	25,85	6,86	32,71	16,36	59,98
A72	23,76	6,34	30,10	15,05	55,19
A73	59,36	14,81	74,17	37,09	135,99
A74	82,26	20,03	102,29	51,15	187,55
A75	66,52	16,45	82,98	41,49	152,14
A76	23,25	6,22	29,47	14,73	54,03
A77	30,36	7,96	38,32	19,16	70,26
A78	52,67	13,25	65,92	32,96	120,87
A79	57,65	14,41	72,06	36,03	132,12
A80	21,76	5,85	27,61	13,80	50,62
A81	34,64	8,99	43,64	21,82	80,01
A82	55,13	13,83	68,95	34,48	126,42
A83	41,34	10,59	51,93	25,96	95,21
A84	103,49	24,77	128,26	64,13	235,16
A85	177,99	40,91	218,90	109,45	401,36
A86	78,15	19,10	97,25	48,62	178,30
A87	59,36	14,81	74,17	37,09	135,99
A88	34,01	8,84	42,85	21,43	78,57
A89	23,25	6,22	29,47	14,73	54,03
A90	21,28	5,73	27,00	13,50	49,51
A91	248,01	55,61	303,62	151,81	556,69
A92	66,52	16,45	82,98	41,49	152,14
A93	24,27	6,47	30,74	15,37	56,37
A94	367,57	80,05	447,61	223,81	820,70
A95	253,95	56,85	310,80	155,40	569,84
A96	139,97	32,75	172,73	86,36	316,70
A97	145,71	33,99	179,70	89,85	329,48
A98	52,67	13,25	65,92	32,96	120,87
A99	57,65	14,41	72,06	36,03	132,12

<b>ESTIMACIÓN DE BIOMASA, CARBONO Y CO<sub>2</sub> DEL ALISO</b>					
<b>Código</b>	<b>Ba (kg)</b>	<b>Br (kg)</b>	<b>Bt (kg)</b>	<b>C (kg)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (kg)</b>
A100	103,49	24,77	128,26	64,13	235,16
A101	44,94	11,44	56,38	28,19	103,38
A102	110,78	26,38	137,16	68,58	251,47
A103	99,95	23,98	123,93	61,97	227,23
A104	154,55	35,90	190,45	95,23	349,19
A105	95,34	22,96	118,30	59,15	216,91
A106	23,25	6,22	29,47	14,73	54,03
A107	44,94	11,44	56,38	28,19	103,38
A108	63,78	15,82	79,61	39,80	145,96
A109	30,36	7,96	38,32	19,16	70,26
A110	23,25	6,22	29,47	14,73	54,03
A111	150,09	34,94	185,03	92,52	339,25
A112	137,16	32,14	169,30	84,65	310,41
A113	88,67	21,46	110,13	55,07	201,92
A114	139,97	32,75	172,73	86,36	316,70
A115	154,55	35,90	190,45	95,23	349,19
A116	88,67	21,46	110,13	55,07	201,92
A117	47,18	11,97	59,16	29,58	108,46
A118	194,68	44,45	239,13	119,57	438,45
A119	26,94	7,13	34,07	17,03	62,46
A120	38,58	9,94	48,51	24,26	88,95
A121	42,76	10,93	53,69	26,84	98,43
A122	44,94	11,44	56,38	28,19	103,38
A123	85,43	20,74	106,17	53,08	194,66
A124	69,33	17,09	86,42	43,21	158,46
A125	40,64	10,43	51,06	25,53	93,62
A126	23,76	6,34	30,10	15,05	55,19
A127	27,50	7,26	34,76	17,38	63,73
A128	88,67	21,46	110,13	55,07	201,92
A129	66,52	16,45	82,98	41,49	152,14
A130	42,76	10,93	53,69	26,84	98,43
A131	38,58	9,94	48,51	24,26	88,95
A132	99,95	23,98	123,93	61,97	227,23
A133	29,19	7,68	36,87	18,44	67,60
A134	52,67	13,25	65,92	32,96	120,87
A135	44,94	11,44	56,38	28,19	103,38
A136	885,57	180,64	1066,21	533,10	1954,89
A137	40,64	10,43	51,06	25,53	93,62
A138	66,52	16,45	82,98	41,49	152,14
A139	57,65	14,41	72,06	36,03	132,12
A140	88,67	21,46	110,13	55,07	201,92
A141	26,94	7,13	34,07	17,03	62,46
A142	69,33	17,09	86,42	43,21	158,46
A143	75,14	18,42	93,56	46,78	171,54
A144	154,55	35,90	190,45	95,23	349,19
A145	57,65	14,41	72,06	36,03	132,12
A146	135,76	31,84	167,60	83,80	307,30
A147	159,09	36,87	195,96	97,98	359,30
A148	162,16	37,53	199,69	99,84	366,12
A149	123,56	29,18	152,75	76,37	280,06

<b>ESTIMACIÓN DE BIOMASA, CARBONO Y CO<sub>2</sub> DEL ALISO</b>					
<b>Código</b>	<b>Ba (kg)</b>	<b>Br (kg)</b>	<b>Bt (kg)</b>	<b>C (kg)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (kg)</b>
A150	139,97	32,75	172,73	86,36	316,70
<b>Total</b>	11505,69	2752,61	14258,31	7129,15	26142,61

# **ANEXO 12**

## **Matriz de consistencia**

Valoración económica del secuestro de CO <sub>2</sub> en plantaciones de eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labill) y aliso ( <i>Alnus acuminata</i> ) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.				
Problema de investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de CO <sub>2</sub> de una plantación de eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labill) y un bosque de aliso ( <i>Alnus acuminata</i> ) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco?	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Comparar la valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> entre una plantación de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill) y un bosque de aliso (<i>Alnus acuminata</i>) en el distrito de Jircán, provincia de Huamalíes, departamento Huánuco.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> de una plantación de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill) y un bosque de aliso (<i>Alnus acuminata</i>) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.</p>	<p><b>Variables independientes (X)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro a la altura al pecho (DAP)</li> <li>• Altura total</li> </ul>	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo.  <b>Tipo de investigación:</b> Básica.  <b>Alcance:</b> Descriptivo.  <b>Diseño:</b> No experimental.  <b>Temporalidad:</b> Transeccional o transversal.  <b>Población:</b> 300 árboles de eucalipto y 254 de aliso del distrito de Jircán.  <b>Muestra:</b> 150 árboles de eucalipto y 150 de aliso con un DAP mayor o igual a 10 cm.  <b>Unidad de análisis:</b> Un árbol de eucalipto y uno de aliso con un DAP mayor o igual a 10 cm.  <b>Tipo de muestreo:</b> No probabilístico.  <b>Técnicas de recolección de datos:</b> Observación no experimental y método indirecto (no destructivo). Se realizó la medición de los datos de DAP y altura total de los árboles de eucalipto y aliso. Luego, fueron procesados en las ecuaciones alométricas para obtener el secuestro de dióxido de carbono y su valoración económica respectiva.</p>
	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimar la biomasa existente en una plantación de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill) y un bosque de aliso (<i>Alnus acuminata</i>) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.</li> <li>• Estimar el carbono y CO<sub>2</sub> secuestrado en una plantación de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill) y un bosque de aliso (<i>Alnus</i></li> </ul>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La cantidad de biomasa arbórea de la plantación de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill) es mayor que del aliso (<i>Alnus acuminata</i>) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.</li> <li>• La cantidad de carbono y CO<sub>2</sub> secuestrada por la plantación de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill) es mayor que la</li> </ul>	<p><b>Variables dependientes (Y)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomasa aérea</li> <li>• Biomasa radicular</li> <li>• Secuestro de CO<sub>2</sub></li> <li>• Valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub></li> </ul>	

Valoración económica del secuestro de CO <sub>2</sub> en plantaciones de eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labill) y aliso ( <i>Alnus acuminata</i> ) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.				
Problema de investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
	<p><i>acuminata</i>) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimar el valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> en una plantación de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill) y un bosque de aliso (<i>Alnus acuminata</i>) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.</li> </ul>	<p>secuestrada por el aliso (<i>Alnus acuminata</i>) en el distrito de Jircán, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.</p>		<p><b>Instrumentos de recolección:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS Garmin Etrex 10x.</li> <li>• Cinta diamétrica de 5 m Richter.</li> <li>• Clinómetro Suunto.</li> </ul> <p><b>Procesamiento de datos:</b> Microsoft Excel, SPSS y ArcGIS.</p> <p><b>Tratamiento estadístico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba de normalización.</li> <li>• Prueba U de Mann-Whitney.</li> </ul>