

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Estimación del potencial de captura de carbono en la biomasa forestal  
en el Polylepis sp en los bosques alto andinos La Quinua en la  
provincia de Pasco**

**Para optar el Título Profesional de:  
Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

**Bach. Edith Olga CORNEJO SANTOS**

**Asesor:**

**Dr. Rommel Luis Lopez Alvarado**

**Cerro de Pasco - Perú - 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Estimación del potencial de captura de carbono en la biomasa forestal  
en el Polylepis sp en los bosques alto andinos La Quinua en la  
provincia de Pasco**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Sc. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Jose Luis SOSA SANCHEZ**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

El presente estudio está dedicado a Dios por guiarme en la vida y mostrarme el camino a la felicidad y en especial a mis queridos padres, por su abnegado sacrificio de ver en mí, por sus oraciones y preocupación permanente por mi proyecto de vida. Por su perseverancia y exigencia de culminar la presente tarea económica, que motivan mis deseos de superación constante y a quienes los tengo en mi corazón todos los días de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor Dr. Rommel Luis López Alvarado y a la plana de jurados calificadores, dictaminadores de tesis por sus valiosos aportes en la conducción y conclusión del presente trabajo de investigación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por la enseñanza y formación en mi vida de estudiante y para el logro de mis metas como ingeniera ambiental.

## RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue cuantificar las reservas totales de carbono en la biomasa vegetal de la especie *Polylepis* sp. en el bosque de formación natural ubicado en el Centro Poblado La Quinua, ubicado en la cabecera de cuenca del río Huallaga y estimar el valor del servicio ambiental ecosistémico frente a la captura de carbono. Para lo cual se realizó una investigación no experimental dado que se recopiló y analizó datos que nos ayuden a estimar el potencial de captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis* La Quinua en la Provincia de Pasco, donde se determinó la acumulación de carbono en la biomasa a través de un proceso de observación y evaluación comparativa. En los estratos identificados como Muy denso, Denso y disperso en promedio fue de 53.923 tC/ha y los resultados en los estratos fueron de la siguiente manera: muy denso fue de 122.64 t/ha, mientras el estrato denso posee 64.45 t/ha y el estrato disperso posee 20.12 t/ha. También se muestra la caracterización de los resultados de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea, suelo, subterránea y necromasa fue de la siguiente manera: 36.68 tC/ha (68%) biomasa aérea; biomasa necromasa (hojarasca) 0.53 tC/ha (1%); biomasa del suelo, 11.86 tC/ha (22%) y biomasa subterránea 4.85 tC/ha (9%), siendo la biomasa aérea la de mayor cantidad. Tomando como base la ubicación de 10 parcelas estudiadas el área aproximada de estudio fue de 10 hectáreas y fue distribuido de la siguiente manera: estrato disperso fue de 4.81 ha, estrato denso de 3.44 ha y estrato muy denso de 1.75 ha. El estudio presenta un diseño Descriptivo Correlacional se aplicó las ecuaciones alométricas dieron una buena correlación cercano  $r = 0.99$  Biomasa y DAP demostrando que existe una correlación entre las variables en estudio.

Palabras clave: Cambio climático, bosque La Quinua, *Polylepis* sp.

## ABSTRACT

The purpose of this research was to quantify the total carbon stocks in the plant biomass of the species *Polylepis* sp. in the natural formation forest located in the village of La Quinoa, located in the headwaters of the Huallaga river basin and estimate the value of the ecosystemic environmental service in terms of carbon sequestration. For this purpose, a non-experimental research was carried out, given that data was collected, monitored and analyzed to help us estimate the potential for carbon sequestration in the forest biomass in the high Andean forests of *Polylepis* La Quinoa in the Province of Pasco, where the accumulation of carbon in the biomass was determined through a process of observation and comparative evaluation. In the strata identified as very dense, dense and dispersed, the average was 53.923 tC/ha and the results in the strata were as follows: very dense was 122.64 t/ha, while the dense stratum has 64.45 t/ha and the dispersed stratum has 20.12 t/ha. The characterization of the results of the amount of carbon stored in the aerial biomass, soil, subway and necromass was as follows: 36.68 tC/ha (68%) area biomass; necromass biomass (leaf litter) 0.53 tC/ha (1%); soil biomass, 11.86 tC/ha (22%) and belowground biomass 4.85 tC/ha (9%), with area biomass having the highest amount. Based on the location of 10 plots studied, the approximate study area was 10 hectares and was distributed as follows: dispersed stratum was 4.81 ha, dense stratum was 3.44 ha and very dense stratum was 1.75 ha. The study presents a descriptive correlational design and the allometric equations applied gave a good close correlation  $r= 0.99$  Biomass and DBH showing that there is a correlation between the variables under study.

Key words: Climate change, La Quinoa forest, *Polylepis* sp.

## INTRODUCCION

Las formaciones de bosque alto andino La Quinua en la región Pasco, representan en su conjunto, un patrimonio natural territorial y cultural de muy alto valor ecosistémico, siendo a su vez un recurso renovable seriamente amenazado por el impacto antropogénico por la diversidad de fenómenos y también patrones de cambio que viene sucediendo a su interior, algunos de carácter permanente como es la expansión minera, la urbana, la actividad ganadera, los cultivos agrícolas, y en general la competencia por uso del suelo. Otros fenómenos ligados más a la estacionalidad como el efecto del cambio climático, expresado en una mayor condición de sequedad de la vegetación. Si a este escenario se suma la permanente demanda hídrica por formar parte de la cabecera de cuenca de la naciente del río Huallaga vital para múltiples usos agropecuarios, habitacional e industrial, el escenario de conservación de este recurso natural como patrimonio esencial para la captación de gases de efecto invernadero, se ve cada vez más complejo por esta multiplicidad de factores, y por la potencial tasa de emisión de dióxido de carbono y otros gases contribuyentes al calentamiento global (R. Garfias, y otros, 2019).

Los servicios ambientales que brindan los bosques alto andinos de *Polylepis* sp., son importantes para solucionar el problema de los gases de efecto invernadero generados por las actividades antropogénicas en el desarrollo de las actividades económicas y productivas de la generación de energía como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), porque una función que cumplen las plantas es la captura carbono, promueven la estabilidad atmosférica, el balance hídrico y en general regulan el equilibrio de variados procesos naturales que dependen de la producción de oxígeno y almacenamiento de gases de efecto invernadero. El escenario mundial actual pone de manifiesto la urgente necesidad de promover investigaciones y acciones concretas que vayan en la dirección de promover el

estudio y conservación de formaciones boscosas y obtener de ellos, las mejores alternativas de manejo sostenible, en concordancia con su potencial productivo y la generación de servicios ambientales y sociales para los habitantes que utilizan este recurso o coexisten en sus áreas aledañas. En este sentido, el conocimiento del potencial de captura de CO<sub>2</sub> basado en el crecimiento y tipo de biomasa forestal es un aspecto fundamental para el entendimiento del estado actual y potencial de la vegetación como rol de equilibrio y agente mitigador a las diferentes actividades que conllevan la emisión de gases de efecto invernadero y en general la fragmentación de paisajes vegetales.

En ese sentido presento la presente investigación sobre “Estimación del potencial de captura de carbono en la biomasa forestal en el *Polylepis* sp en los bosques alto andinos La Quinoa en la Provincia de Pasco” con la finalidad de contribuir en proporcionar información para tomar medidas que permitan la conservación de este importante recurso natural por las bondades que representa en favor de la región de Pasco.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la Investigación.....	4
1.3.	Formulación del problema .....	4
1.3.1.	Problema general.....	5
1.3.2.	Problemas específicos .....	5
1.4.	Formulación de los Objetivos .....	5
1.4.1.	Objetivo general .....	5
1.4.2.	Objetivos específicos .....	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	6
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	6

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio .....	8
------	-------------------------------	---

2.2.	Bases teóricas- científicas .....	12
2.3.	Definición de términos básicos .....	23
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	28
2.4.1.	Hipótesis general .....	28
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	28
2.5.	Identificación de variables .....	28
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	29

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	30
3.2.	Nivel de investigación.....	30
3.3.	Métodos de investigación.....	31
3.4.	Diseño de investigación .....	31
3.5.	Población y muestra .....	32
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación ...	35
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	35
3.9.	Tratamiento estadístico .....	36
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	36

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	37
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	43
4.3. Prueba de hipótesis .....	47
4.4. Discusión de resultados .....	49

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

#### 1.1. Identificación y determinación del problema

El incremento de temperatura de la tierra como consecuencia del cambio climático es un problema crítico que el mundo está enfrentando en pleno siglo XXI (Brown & Lugo, 1984). La emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) sobre el medio ambiente generado por diversas actividades antrópicas, así como la transformación de bosques en áreas agrícolas producen diversas consecuencias sobre el desarrollo humano. Hoy en día se están considerando dentro del ámbito local, nacional y mundial diferentes estrategias que permitan adaptar y mitigar las consecuencias del efecto invernadero y cambio climático (Chave, 1996).

El calentamiento global tiende a afectar a cualquier tipo de vida, y una manera de minimizar su impacto sería almacenando el carbono dentro de las masas forestales. Frente a ello, los quinales poseen potencial de almacenamiento de carbono. Así, su cuidado y preservación es vital por lo que este podría ser alcanzado por intermedio de pagos por servicios ambientales compensando de alguna manera a los propietarios para que estos los preserven o incrementen su

cobertura arbórea. Una manera de estimar su capacidad de almacenamiento de esta especie es primero estimando la capacidad de biomasa existente usando por ejemplo la densidad básica (masa/unidad de volumen) de la madera de árboles y del volumen total de la biomasa (Dávalos, Rodrigues, & Martínez, 2008).

Los bosques de quinales permiten mitigar en grande parte diversos efectos que trae el cambio climático, dado que son considerados como sumideros naturales del carbono en el suelo y su estructura mediante procesos como la respiración y fotosíntesis (Brown & Lugo, 1984), procesos que logran influenciar dependiendo de la especie de árbol, lugar donde crece, índices de crecimiento, cuanta precipitación recibe anualmente, edad, duración del turno de rotación etc,

El Perú es un país donde se encuentra mayor endemismo del género *Polylepis* sp, este género posee una amplia distribución en laderas rocosas o quebradas por encima de 3500 msnm. El crecimiento y desarrollo de las especies de este género son importantes para la mitigación de los efectos del cambio climático y la regulación de los recursos hídricos (Mamani Salas, 2018).

La provincia de Pasco, cuya capital se encuentra ubicado en la sierra central del Perú a una altitud de 4338 msnm en el altiplano de la cordillera de los andes, conocida como la ciudad más alta del Mundo, su clima es frígido de Montaña, presentando estaciones de verano con intensas lluvias y temperatura que bordea de 10 °C y 4 °C, mientras el invierno es seco con temperaturas entre 5 °C y -4 °C. Es así que por las características que posee esta ciudad es muy difícil en cuanto a la variación climática, que exista vegetación que puedan adaptarse y crecer en la zona, pero esta variedad de *polylepis* ha demostrado la gran capacidad de adaptación y crecimiento adecuado.

En este sentido, la conservación del bosque la quinua donde alberga una gran variedad de quinales sigue siendo considerado de gran preocupación, ya que en la actualidad se enfrentan a múltiples problemas de impactos ambientales que atentan su conservación, siendo una de ellas la tala excesiva de árboles para el aprovechamiento como leña por los habitantes de la zona, incluso también generadas por la ampliación de la actividad minera que también contaminan hectáreas considerables de suelo boscoso, y que son utilizados como depósitos de desmonte de mineral y relaves mineros; lo cual evidencia la situación del bosque de quinales o “queñuales” ubicado entre los distritos de: Yanacancha, San Francisco de Asís de Yarusyacán y Ticlacayán de la provincia y región Pasco (Labor, 2020).

Esta situación expresada en cuanto a la conservación de estos recursos alto andinos, no está siendo tomada en consideración con bastante interés por las autoridades competentes, dejando de lado la importancia de la función que cumplen incluso frente al cambio climático y desde una mirada ecosistémica. Hoy en día se nota una incesante pérdida de superficie glaciar en diferentes partes del mundo, los bosques alto andinos se convierten en una valiosa alternativa para retener colchones naturales que retienen agua en las alturas. También manifestar que los bosques no únicamente proporcionan ganancias económicas, si no también servicios ambientales. La cobertura vegetal de los bosques actúa como una especie de filtro para los polvos y gases que permiten purificar el agua, que se conserve el agua, a través del almacenaje o regulando su flujo en términos de calidad y cantidad; asimismo, protegiendo suelos de la erosión.

Asimismo, mencionar que se pretende con la presente investigación es estimar la capacidad de almacenamiento de carbono en los árboles existentes,

tomando como base la biomasa forestal existente en “Los árboles de quinales por poseer muchos beneficios, como la captura de carbono, además, incrementa la materia orgánica de los suelos, se utiliza en la fabricación de herramientas como mango de martillos y hachas, por lo que, su repoblamiento favorece a los comuneros que decidan iniciar una plantación con esta especie” (Andina, 2017).

## **1.2. Delimitación de la Investigación**

Para determinar la delimitación del presente trabajo se enfoca en dos aspectos: espacial y la temporal, y es como sigue.

- **Delimitación espacial.**

El presente trabajo se limitará a la zona de la Quinoa, Este lugar se encuentra en el camino a Huánuco, en el departamento de Pasco. Son varios puntos de interés. Contienen un paisaje arbustivo de Quinua a 3,400 metros de altura

- **Delimitación temporal.**

La realización del presente trabajo tendrá un periodo de será de seis (06) meses: marzo de 2022 a agosto de 2022.

## **1.3. Formulación del problema**

Este estudio plantea las interrogantes centrándose en el mecanismo de la captura de carbono que realizan los quinales con la finalidad de reducir los impactos ambientales que genera los gases de efecto invernadero sobre el ambiente en la provincia de Pasco y nuestro país.

### **1.3.1. Problema general**

- ¿Cuál es la estimación del potencial de captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis* sp La Quinua en la Provincia de Pasco en el año 2022?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la situación actual de la vegetación de *Polylepis* sp en los bosques alto andinos La Quinua, en el ambiente de la provincia de Pasco en el año 2022?
- ¿Cuál será estimación del potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis* sp La Quinua en la Provincia de Pasco en el año 2022?

## **1.4. Formulación de los Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Determinar la estimación del potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis* sp La Quinua en la Provincia de Pasco en el año 2022.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar situación actual de la vegetación de *Polylepis* sp. en los bosques alto andinos La Quinua, en el ambiente de la provincia de Pasco en el año 2022.
- Determinar la estimación del potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis* sp La Quinua en la Provincia de Pasco en el año 2022.

## **1.5. Justificación de la investigación**

### **1.5.1. Justificación teórica**

La presente investigación permitirá conocer el grado de impacto que actualmente se tiene con respecto a la conservación de estos recursos alto andinos, en este caso los bosques de quinales existentes en el centro poblado la Quinua, el cual no está siendo tomada con bastante interés por las autoridades competentes, dejando de lado la importancia de la función que cumplen incluso frente al cambio climático y desde una mirada ecosistémica.

### **1.5.2. Justificación práctica**

La presente investigación proporcionará información básica que se compartirá para difundir vía web, esto permitirá que los pobladores de la quinua y de la región Pasco ver la importancia de la conservación de nuestros bosques de quinales frente a los problemas ambientales que actualmente enfrenta y sobre los beneficios frente al problema del cambio climático que genera nuestro bosque y los diferentes servicios ambientales a la población de la Quinua. Concientizando así a la otra parte de la población que tiene mayor protagonismo en lo que respecta a la contaminación ambiental. Así poder ayudar a reducir la contaminación ambiental en nuestros diversos ambientes.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

Se ha delimitado la investigación de la siguiente manera:

### **1.6.1. Limitación espacial**

El ámbito donde se desarrollará la investigación comprende exclusivamente la ubicación del bosque la quinua en la provincia de Pasco, una extensión de 7084,31 hectáreas, que resulta del aporte de los terrenos comunales

de las comunidades campesinas: San Ramón Yanapampa, San Miguel, Quichas, Santa Rosa de Pitic, La Quinoa, Yanacachi, La Candelaria, , 30 Agosto Huamanmarca, San Isidro de Yanapampa,

### **1.6.2. Limitación temporal**

La presente investigación en tiempo se limita a una limitación anual, que abarcara el año 2021.

### **1.6.3. Limitación conceptual**

Se pretende conocer sobre las dificultades que se tienen sobre la conservación de los bosques de La Quinoa y los mecanismos de capacidad de absorción de carbono frente al problema cambio climático presentes en los gases de efecto invernadero y de esta forma lograr solucionar en gran medida los impactos ambientales que generan las actividades humanas en la provincia de Pasco.

### **1.6.4. Limitación económica**

El presupuesto se limita a un gasto de 5 000.00 (cinco mil nuevos soles con 00/100), superior a este no será viable la autofinanciación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Revisando trabajos de investigación referente a estudios que puedan complementar sobre los impactos que genera las actividades antropogénicas sobre el medio ambiente, y las soluciones al cambio climático en la captura de carbono atmosférico, he tenido sorpresas agradables que aportan mucho a mi trabajo de investigación, como comparaciones entre objetivos, metodologías y resultados que he relacionado con mi investigación. A continuación, se muestra algunas investigaciones que sirven de base para la realización de la investigación.

(Carvajal & Andrade, 2020) “Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia” indica que cambio climático es consecuencia del incremento en la liberación de los gases de efecto invernadero (GEI) quienes logran alterar el clima de la tierra, haciendo que la temperatura se incremente el cual se refleja en el promedio global, afectando así los patrones de las precipitaciones. Este trabajo fue llevado a cabo dentro del

Municipio de Yopal, corregimiento Tacarimena, que muestra 8 veredas presentando un clima cálido – húmedo y 2270 mm de precipitación anual promedio con alturas por debajo de los 380 m, siendo la temporada lluviosa entre abril-noviembre y seca entre diciembre-marzo. En esta investigación se estimó la biomasa encima y abajo del suelo, lo que permitió calcular el carbono total que se almacena sobre 7 sistemas de uso de suelo: i) cítricos; ii) mata de monte (MM); iii) cacao con sombrío (Ca+S); iv) sistema silvopastoril bajo (SSPB); v) plátano con sombrío (SAF+plátano), vi) bosques de galería (BG), y vii) sistema silvopastoril alto (SSPA). Fue empleado con diseño completamente al azar (n=5), haciendo un total de 35 unidades de experimentación. Parcelas temporales fueron implementados para muestreo, logrando 832 árboles pertenecientes a 66 especies botánicas. El modelo alométrico fue aplicado para estimar la biomasa de arriba del suelo, donde se usaron los datos de campo tales como la altura total, y diámetro a la altura de pecho dan, mientras que el modelo general fue empleado para estimar la biomasa abajo del suelo (raíces). En este trabajo, fue ofrecido los servicios ecosistémicos de captura de carbono, donde el MM y BG presentaron mayores cantidades de este elemento, y en contraste el SAF+plátano almacenaron menores cantidades. Cambios que se hacen de sistemas productivos a sistemas forestales (BG y MM) presentan ganancia de carbono (adicionalidad), no en tanto, cambios contrarios como la deforestación hace mayores emisiones de CO<sub>2</sub>. Así, orientar proyectos y políticas para capturar el carbono son claves.

(Ordóñez, Rivera, Tapia & Ahedo, 2015), “Contenido y captura potencial de carbono en la biomasa forestal de San Pedro Jacuaro, Michoacán” sostiene que frente al incremento de carbono atmosférico y la consecuencia sobre el cambio climático hay necesidad de calcular el C que se almacena dentro ecosistemas dado

que estos son considerados como excelentes depósitos como su biomasa forestal o aérea (hojas, ramas, y fuste), en mantillo y el suelo. Este estudio se realizó en San Pedro Jacuaro, estado de Michoacán, dado que sus bosques presentan buena conservación con bajo manejo. Fueron realizados 2 estimaciones, la real y conservadora. La conservadora presentó variación de 67 a 177 Mg C ha<sup>-1</sup> (promedio 103.1 Mg C ha<sup>-1</sup>). La real mostró valores entre 71 - 198 Mg C ha<sup>-1</sup> (promedio 129.1 Mg C ha<sup>-1</sup>). Basado a la captura potencial fue estimado que el bosque fijo 1.54 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, correspondiente a 5.65 Mg CO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, dentro 1 842 ha, estimando que potencialmente podría hacer 2 837 Mg C año<sup>-1</sup>, lo que equivale 10 401.16 Mg CO<sub>2</sub>e año<sup>-1</sup>. Lo encontrado indica que esta área se torna atractiva para futuros proyectos para capturar carbono como REDD+.

(Delgado, 2013), “Guía para la cuantificación de la biomasa y el carbono forestal, generación de modelos y uso de herramientas para su estimación” realizaron proyectos teóricos-prácticos tratando temas de cambio climático, variabilidad, procesos de mitigación, visando evaluar y cuantificar el carbono forestal. En total 22 funcionarios de la CAR fueron capacitados en estos temas, donde se llevaron a cabo ejercicios académicos aplicando herramientas informáticas que permitieron procesar datos para obtener modelos alométricos, para el carbono capturado de la biomasa o árboles forestales. Esta guía fue desarrollada empleando un lenguaje simple, pero de manera técnica que ayudara a estos funcionarios CAR a que repliques sus experiencias de manera fácil para haciendo esta una transferencia tecnológica.

(Páez Mendoza, 2014), “Estimación de biomasa forestal y capacidad de captura de carbono de las especies forestales *Weinmannia tomentosa* y *Myrcianthes* sp. Reserva forestal protectora el Malmo (Vereda Barón Germania -

Tunja-Boyacá)". Aquí se buscó estimar usando un método indirecto dentro de la Reserva Forestal Protectora El Malmo que especies tienen mayor capacidad de captura de carbono y biomasa forestal aérea.

Resultados obtenidos ayudaron a implementar un método para estimar la captura de CO<sub>2</sub> en diferentes especies forestales nativas, dejando así una herramienta que permitirá reconocer y valorar su importancia de estas especies frente al cambio climático.

(Benjamín & Masera, 2001) "Captura de carbono ante el cambio climático" indica que las diversas actividades humanas donde se emplean combustibles fósiles están liberando enormes cantidades de los GEI, siendo el CO<sub>2</sub> uno de los más significantes debido a las enormes cantidades liberadas. Frente a ello, la vegetación muestra la capacidad de incorporar y asimilar el carbono dentro su estructura, en pocas palabras, lo retiene y fija al carbono por periodos de tiempos largos mediante la fotosíntesis, siendo estos considerados como sumideros de gran importancia. El objetivo de este estudio fue describir el proceso de captura de C dentro ecosistemas forestales y qué relación tiene con el cambio climático.

(De Petre, Ulf Ola, Ali, & Reynero, 2016), "Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON)" reportaron que el contenido de carbono (%C) presente en la biomasa seca de las especies arbóreas con mayor representación fue menor que el 50% usando el PCC y comparado a otros autores, dado que las 3 especies estudiadas mostraron valores entre 47% y 48%. En encontrar información detallada de una determinada especie ayuda saber cómo se comporta el flujo del C dentro del ecosistema forestal.

De lo reportado en este trabajo se podría decir que el contenido de C muestra variabilidad, no solo en relación con las especies, así como también a su clase diamétrica, el leño, y sección de la especie. Estas variables tienen influencia en diversos grados sobre el factor relacionado a la especie, siendo necesario tomar en cuenta un diseño experimental para determinar correctamente el muestreo y contenido de carbono. Tener datos diversos sobre la sección del árbol, componente de leño y clase diamétrica que ayudaran a encontrar el promedio ponderado del C a través las proporciones de ramas y fuste para cada especie, lo que permite una aproximación del stock de C que existe sobre los módulos muestreados.

## **2.2. Bases teóricas- científicas**

### **2.2.1. Carbono**

El carbono es un elemento único en la química porque forma innumerables compuestos orgánicos mayor que la suma total de todos los otros elementos combinados.

Son muchos, los grupos más grande de estos compuestos es el constituido por carbono e hidrógeno. Se estima que se conoce un mínimo de 1.000.000 de compuestos orgánicos y este número crece rápidamente cada año. Aunque la clasificación no es rigurosa, el carbono forma otra serie de compuestos considerados como inorgánicos, en un número mucho menor al de los orgánicos (Carvajal & Andrade, 2020).

Dentro la naturaleza, el C está disperso dentro del agua a través de compuestos carbónicos disueltos (carbonatos), mientras en la atmosfera está en forma de CO<sub>2</sub>. Todo organismo vivo está constituido del C, el cual se obtiene

como resultado de diversos procesos metabólicos que ocurren en su desarrollo y crecimiento, pero se liberan cuando estos dejan de vivir. Alrededor de 50 a 60% del peso seco está constituido por este elemento (Smith, 1993).

### **2.2.2. Ciclo del carbono**

La explotación de los yacimientos de hidrocarburos para luego realizar la conversión en combustibles para usarlo dentro sus actividades domésticas, de industria o transporte, así como la deforestación, actualmente son las principales afecciones que tiene el planeta que trae consecuencias como el efecto invernadero, cambio climático, desertificación, entre otras.

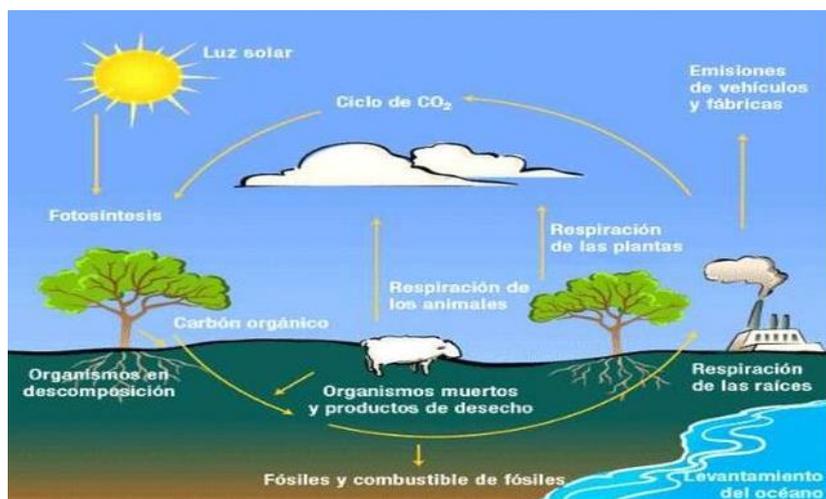
El problema mencionado ya fue tratado dentro del "Convenio sobre Cambio Climático", en 1992 (9 de mayo – Nueva York), y sustentado dentro la Cumbre de Río del mismo año. En 1997 (diciembre) los diversos países industriales dentro del Protocolo de Kyoto se comprometieron en realizar diversas actividades conjuntas para mitigar los GEI, algo que después de intensas discusiones este fue ratificado y entró en vigencia el 2005 (febrero).

El CO<sub>2</sub> asimilable por los seres vivos dentro la atmósfera e hidrosfera se encuentran en una concentración mayor al 0,03%, siendo que a cada año un 5% de estas reservas tienden a consumirse a través de los procesos de fotosíntesis, en pocas palabras, el anhídrido carbónico tiende a renovarse a cada 20 años en la atmósfera (Vilchez, 2014).

Según (Dosque, S/f), indica que el Carbono es el elemento principal de los elementos orgánicos tales como las proteínas, ácidos nucleicos, lípidos, hidratos de carbono, quienes permiten la construcción y funcionamiento de un ser vivo. Además, el O<sub>2</sub> también está presente dentro las moléculas orgánicas tales como la

glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ), así, como inorgánicas:  $CO_2$  y  $H_2O$ , siendo todos esenciales para que células obtengan energía de los nutrientes.

En la imagen abajo se presenta el ciclo del carbono y oxígeno, elementos que se encuentran muy relacionados entre sí.



*Ilustración 1: Ciclo del carbono*

**A. La combustión:** Proceso que se genera en diversas actividades como la volcánica, uso de carbón, petróleo y gas natural, incendios forestales, quienes liberan enormes cantidades de carbono hacia la atmósfera en forma de  $CO$  y  $CO_2$ .

**B. Fotosíntesis:** Aquí organismos autótrofos capturan el  $CO_2$  de la atmósfera o aquel presente en el agua que son usados para producir materia orgánica (glucosa), liberándose así el  $O_2$  dentro la atmósfera.

**C. Respiración:** El  $O_2$  de la atmósfera o aquel que está en el agua se aplica para obtener energía a partir de moléculas orgánicas, el cual es conocido como respiración celular aeróbica, y que a través de este se logra liberar  $CO_2$  al ambiente.

**D. Combustibles fósiles:** Compuestos que se formaron hace millones de años usando materia prima restos de diversos organismos y que hoy en día se

conoce como petróleo, y cuando se usan se libera este carbono que se encontraba retenidos millones de años.

**E. Descomposición de materia orgánica:** Conocidos como descomponedores tales como las bacterias u hongos que aplican el C que se encuentra dentro las moléculas orgánicas de diversos restos o desechos orgánicos para llevar a cabo la respiración celular, liberándolo después como CO<sub>2</sub>.

### 2.2.3. Captura de carbono

Sumideros como el suelo, bosque u océano que logran extraer o almacenar el carbono mediante procesos biológicos, físicos como por ejemplo la fotosíntesis (Green Facts, S/f).

Cuando los bosques maduran ya no hay asimilación neta de C dado que este ecosistema se encuentra totalmente saturado por este elemento. Asimismo, la energía usada de los árboles y biomasa tiende a emplearse como sustitutos de los combustibles fósiles. Esta es una meta a largo plazo debido a que cuando se quema estos árboles el carbono liberado corresponde a aquel "reciclado", no adicionándose un carbono nuevo (fósil) al sistema.

El carbono emitido puede ser retenido por plantas que provienen de bosques altoandinos como es el caso de árboles de quinales, que, si se usan podría reducirse las concentraciones de CO<sub>2</sub> presente en el aire, dado que estos son considerados como principales captadores de Carbono.

Cuando ocurre la fotosíntesis y se emplea el CO<sub>2</sub> y libera el O<sub>2</sub> se puede almacenar el C o sus componentes dentro sus estructuras vegetales por periodos largos, haciendo que estos sean considerados reservas naturales de este elemento. La cantidad de carbono almacenado depende mucho de su edad, tamaño, y su

densidad poblacional. Así, los quinales presente en la región de la quinua en Pasco, que contiene diversas especies, tienen los atributos de retener el C actuando como sumideros y son usados como leña para las familias (Zavala & Vega, 2021).

#### **2.2.4. La productividad y la biomasa**

Un término completamente ligado al de biomasa es la productividad ecológica. Este parámetro se define como a la producción de materia orgánica en un área determinada por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de biomasa que se genera en un ecosistema natural o sistema artificial humano.

La unidad más común que se utiliza para cuantificar la productividad en un ecosistema es kilogramos/hectárea por año, aunque se pueden usar otras escalas de peso (toneladas, gigatoneladas) superficie (metros cuadrados, centímetros cuadrados, etc.) e incluso tiempo (días, horas, décadas). Todo depende de la utilidad y el enfoque del estudio en cuestión que esté intentando obtener parámetros específicos.

la biomasa refleja la cantidad de materia orgánica en un lugar y sitio concretos, mientras que la productividad hace referencia a la rapidez y la efectividad con la que esta materia orgánica se produce. Estos parámetros nos ayudan a conocer el funcionamiento de los ecosistemas naturales, pero también nos permiten maximizar los beneficios materiales y económicos a la hora de explotar el terreno con fines humanos (Sánchez Amador, 2021).

#### **2.2.5. Quinual (Polylepis)**

En los bosques montanos y altoandinos de la Cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta el norte de Chile y Argentina, con una población extratropical en el noreste y centro de Argentina, se distribuye el género *Polylepis*;

que incluye alrededor de 45 especies diferentes (Simpson, 1979). Siendo principalmente árboles o arbustos que crecen sobre el límite superior de los bosques y es conocido como árbol papel y Argentina como tabaquillo. Su



*Ilustración 2: Hojas del Polylepis sp.*

taxonomía es muy compleja (Boza, Quispe & Kessler, 2019), quienes se polinizan por el viento (Boza, 2020). Las especies *Polylepis* presentan usualmente tronco retorcido (aprox. 2 m diámetro) llegando a alcanzar alturas de 15 a 20 m de altura. Su follaje presenta el color verde, y posee hojas pequeñas densas, presentando también ramas muertas (Minga & Verdugo, 2016).

La palabra *Polylepis* proviene de 2 palabras griegas: *letis*=láminas y *poly*=muchas, que hace énfasis a la corteza que se compone de múltiples láminas que tienden a desprenderse en capas delgadas, común en todas sus especies. Su corteza es gruesa y por lo general cubre su tronco protegiéndolo de incendios y bajas temperaturas. Ciertas especies tienden a formar bosques en forma lineal, de elevaciones mayores, permitiéndose ser rodeados por arbustos y pastizales.

Asimismo, ciertos individuos logran crecer a alturas mayores a los 5000 m s. n. m., lo que los sitúa como un género de árboles que se distribuye según su abundancia y resistente a la variabilidad del clima extremo.

Su presencia en los bosques alto andinos tiene una función primordial pues no solo permite albergar especies de fauna y flora silvestre únicos a nivel mundial, también intervienen en procesos de diversidad de angiospermas en el mundo (Wikispecies, S/f), regulación hídrica, protección de suelos y captura de carbono.

La familia Rosaceae comprende alrededor de 100 géneros y 3000 especies, con una distribución casi cosmopolita; es dividida en cuatro subfamilias y 15 tribus (Romoleroux 1992, 1996). La tribu Sanguisorbeae presenta 14 géneros



Ilustración 3: Fotografía con un ejemplar de un quinal de gran interés biogeográfico, porque están distribuidos casi en todos los

continentes, la mayor diversidad y centro principal de diversificación, se encuentra en el hemisferio sur, donde los géneros *Polylepis*, *Tetraglochin*, *Margyricarpus* y *Acaena* representan a Sudamérica (Pérez De Paz 2004).

Existe gran interés ecológico, sistemático y biogeográfico por el género *Polylepis*, porque representa un sistema biológico único en los Andes, caracterizado por tener distribución restringida (Koepcke 1961, Servat et al. 2002).

La riqueza específica del género *Polylepis* para el Perú, fue difícil de precisar. Algunos autores estimaban entre 10 a 14 especies. Así para Bitter (1911), Macbride (1983) y Herrera (1943) reportan 12 especies, Simpson (1979) y Brako & Zarucchi (1993) 10 especies, Fjelsa & Kessler (1996) 11 especies, y Kessler & Schmidt-Lebuhn (2006) 14 especies.

Mendoza (2010) en la más reciente revisión para el Perú, estableció en 19 especies la riqueza específica del género *Polylepis*, el presente reporte es parte de este estudio y brindar información sobre la distribución de la diversidad específica del género *Polylepis* para el Perú.

Especies	Altitud (m)	Departamento
<i>Polylepis canoi</i> W. Mendoza	3350 - 3400	AY, CU, JU
<i>Polylepis flavipila</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	3650 - 4100	HV, LI
<i>Polylepis incana</i> Humboldt, Bonpland & Kunth	3000 - 4200	AN, AP, AY, CU, HU, JU, LI, PA, PU
<i>Polylepis incarum</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	3100 - 4200	CU, PU
<i>Polylepis lanata</i> (Kuntze) M. Kessler & Schmidt-Leb.	2900 - 4100	AP, AY, CU
<i>Polylepis microphylla</i> (Wedd.) Bitter	3200 - 4000	AR, CU, LI
<i>Polylepis multijuga</i> Pilger	2200 - 3600	AM, CA, LA
<i>Polylepis pautia</i> Hieron.	1800 - 4000	AY, CU, JU, SM
<i>Polylepis peppei</i> B.B. Simpson	3900 - 4500	AN, CU, PU, SM
<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	2900 - 4000	AN, AP, AY, CA, CU, HU, JU, LI, LL, PA
<i>Polylepis reticulata</i> Hieron.	3350 - 4450	AN, JU, LI, LL
<i>Polylepis rugulosa</i> Bitter	3000 - 4600	AR, MO, TA
<i>Polylepis sericea</i> Wedd.	2000 - 4100	AN, CU, JU, LL
<i>Polylepis subsericans</i> J.F. Macbride	2900 - 5100	AP, AY, CU
<i>Polylepis subtusalbida</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	3000 - 4500	MO, TA
<i>Polylepis tarapacana</i> Philippi	4200 - 4800	TA
<i>Polylepis tomentella</i> Weddell	3500 - 4500	AP, AR, AY
<i>Polylepis triacotandra</i> Bitter	3500 - 3900	PU
<i>Polylepis weberbaueri</i> Pilger	2500 - 4200	AN, CA, LA, LI, PI

*Ilustración 4: Lista de polylepis reportadas para el Perú*

### 2.2.6. Ecología y biogeografía *Polylepis*

Su ecología de esta especie y similares a esta son de interés intrínseco, y valor práctico que permite predecir su manejo y distribución. Estos bosques se tornan desafiantes dado a su complejidad estructural basado a sus troncos contorsionados. Los *Polylepis* múltiples hacen que técnicas estándar para estudiar la floresta se tornen menos útiles cuando se describa su estructura física tridimensional de estos y así se logre entender su tasa de crecimiento y edad. Asimismo, rangos de latitud y longitud dificultan que se generalice ciertas condiciones necesarias para que se colonicen o regeneren. Ciertas especies ligadas dependerían de esta especie, mientras otras del hábitat creadas por estas. Contracciones y expansiones a lo largo la historia sugiere que áreas cubiertas por bosques *Polylepis* permite que biodiversidades se adapten a esta cubierta irregular, siendo esto evidenciado por la presencia de aves en estas áreas (Sevillano & Rodewald, 2021).

Se reporto que configuraciones, cobertura y tamaño de los bosques de *Polylepis* varían basado a su especie (Cahill & Merckx, 2021). Estas interacciones

son vitales cuando se quiere tomar decisiones y se quiera implementar planes para restaurarlos, dado que se incrementa el tamaño de estos bosques, también se lograría reducir pérdida de biodiversidad, equilibrándose niveles tróficos (Pinos, 2020). Así, la resiliencia e integridad se tornan dependientes a la biodiversidad de estos bosques. No en tanto, interacciones de parches de bosques de esta especie relacionado a diferentes hábitats que lo circundan precisan mayor atención, en cualquiera de los términos de efectos tales como el borde dentro de los bosques y su influencia de sus hábitats aledaños (Segovia, y otros, 2021).

### **2.2.7. Taxonomía**

Este género muestra elevada plasticidad morfológica, en sus diversas poblaciones pese a recibir diferente suministro de agua (Kessler M. , 1995), o poblaciones similares pero que se desarrollan en áreas separadas geográficamente (Simpson, 1979). En adición, debe ser considerada que la hibridación se extiende entre las Rosáceas (Dickinson, Lo, & Talent, 2007). *Polylepis* no es una excepción, no en tanto fue excluido por mucho tiempo dado a su similitud de especies lo que dificulto la identificación de híbridos basado a su taxonomía dado que algunos son influenciados por actividades antrópicas (Robertson, Rich, Allen, & al., 2010). Además, existe evidencia indirecta de especiación por medio de la hibridación (Romoleroux, 1996). Todo indica que los genes interfieren más que su morfología (Kerr, 2004). Asimismo, diferentes niveles de ploidía indica podría existir barreras para que fluyan los genes dentro las especies (Schmidt Lebuhn, Kessler, & Kumar, 2018). La apomixis aún no fue documentado para el *Polylepis*, no en tanto, hay elevada alta probabilidad que se encuentre, dado que se encontró dentro diversas especies de Rosáceas. Concluyendo, la evolución de esta especie aun es desconocida, dado a que rasgos morfológicos indican una historia plausible

de diversificación y que estos se adaptaron a climas húmedos, hábitats de mayor altitud, y áridos, donde datos moleculares indican una historia evolutiva reticulada y compleja.

#### **A. Reproducción**

Su polen es caracterizado por ser mónada, de forma isopolar y esférico achatado de manera ligera en los polos, con abertura redondeada y alargada (cubierta totalmente por pantooperculo), con límites de la endoapertura de color oscuro.

Sus frutos son básicamente aquenios, indehiscentes y muestran una única semilla. Asimismo, presentan alas, crestas, o espinas o alas, siendo el tipo de protuberancia característico de cada especie.

Sus flores de todas las especies del género se organizan en función a sus inflorescencias, que son colgantes en ciertos casos y que se muestran reducidas u casi ocultas entre las axilas de las hojas. En especies con inflorescencias colgantes, las flores nacen usualmente a partir de su raquis o agrupadas al final de las ramas. Sus flores son pequeñas y muestran diversas características que se ligan a la polinización por el viento. Entre estos se encuentran los sépalos y pétalos, que no poseen olor ni néctar, también muestran anteras numerosas de largos filamentos, estigma amplio y seco y polen abundante.

#### **B. Polinización y dispersión**

La polinización por acción del viento, tal vez fue el proceso evolutivo que ayudó más a que esta especie de quinual pueda colonizar en tierras altas, dado que estas especies no dependieron de agentes polinizadores como las

avejas, aves o la presencia de otras especies de animales, debido a su escasa presencia en esta región.

Los frutos de cada especie fueron dispersados por el viento, no obstante, la presencia de espinas indica que estos pudieron ser también dispersados por animales, básicamente por la especie *P. australis*. Esto porque muchas aves viven y buscan alimentos en estos árboles de *Polylepis* y posiblemente dispersaron frutas que se atraparon entre sus plumas (Kessler & Schmidt, 2005).

### **2.3. Definición de términos básicos**

En este trabajo se aplicó en la definición de términos elaborado por Christoph von Stechow (Alemania), Katharine J. Mach (USA), y Serge Planton (Francia). Además, del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático, conocido como el IPCC en inglés, 2014 ([http://www.ipcc.ch](#)):

#### **A. Ambiente**

Es el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénico, que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia.

#### **B. Contaminante**

Elemento o compuesto que a una determinada concentración provoca daño sobre la vida de los organismos.

### **C. Acuerdos de Cancún**

Seri de acuerdos que se aprobaron dentro del 16° período de sesiones de la Conferencia de las Partes (CP) realizada por la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)”, donde se destacaron el recién establecido Fondo Verde para el Clima, conocido como un mecanismo tecnológico que permita avanzar en debates que traten sobre adaptación, procedimientos formales que informen compromisos relacionados a la mitigación, el incremento de la temperatura y acuerdos basados en notificar y verificar si los países recibe soporte internacional y que hagan iniciativas de mitigación.

### **D. Adaptación**

Manera de ajustarse dentro del clima real o proyectado visando estudiar sus efectos. En relación a la población humana, este busca de encontrar adaptaciones que moderen o eviten daños, buscando encontrar soluciones provechosas. En ciertos sistemas naturales, que el humano intervenga podría facilitar un ajuste sobre el clima proyectado y sus efectos.

### **E. Biodiversidad**

Diversidad de organismos vivos que se encuentren dentro los ecosistemas marinos, terrestres, o de otro tipo. Incluye variabilidad de genes, ecosistemas y especies.

### **F. Bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS)**

Uso de tecnología para capturar y almacenar CO<sub>2</sub> relacionado a los diversos procesos de conversión de bioenergía. Basado a emisiones durante todo el

ciclo de vida, donde están inmersos los efectos indirectos marginales (cambio en el uso de suelo u otros procesos), la bioenergía, su almacenaje, y captura del CO<sub>2</sub> muestra posibilidades para remover este compuesto de la atmosfera.

#### **G. Bosque**

Vegetación predominante por los árboles, cuya definición está en función a condiciones biogeofísicas, características económicas y estructuras sociales. Para tener un enfoque mejor sobre definiciones relacionadas a bosques, forestación deforestación y reforestación debe consultarse el Informe especial del IPCC que trata el uso de la tierra, su modificación de uso y la silvicultura (IPCC, 2000b). Además, es vital considerar la información proporcionada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 2013) y el informe Definiciones y Opciones Metodológicas para Inventariar las Emisiones de la Degradación Directa de los Bosques Inducida por el Hombre.

#### **H. Calentamiento global**

Denota el aumento gradual, observado o proyectado, de la temperatura global en superficie, como una de las consecuencias del forzamiento radiativo provocado por las emisiones antropogénicas.

#### **I. Captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)**

Acción donde un flujo relacionado al CO<sub>2</sub> puro que proviene de diversas fuentes antrópicas básicamente de energía tienden a separarse (captura), se les acondiciona, son comprimidos y transportados hasta un lugar de almacenaje para que este aislado de la atmosfera por periodos largos de tiempo.

## **J. Ciclo del carbono**

Acción que describe como fluye el carbono (en forma de CO<sub>2</sub>) en el océano, atmósfera, litosfera, y biosfera marina y terrestre. La unidad de referencia para el ciclo del carbono global está dada por las GtC o GtCO<sub>2</sub> o (gigatonelada de carbono = 10<sup>15</sup> gramos de carbono, equivalente a 3,667 GtCO<sub>2</sub>).

## **K. Concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente**

CO<sub>2</sub> producido por el similar forzamiento radiativo que se da cuando se mezcla el CO<sub>2</sub> con otros componentes del forzamiento. Para estos valores únicamente son considerados los GEI o una mezcla de estos con aerosoles, o el cambio del albedo superficial. El CO<sub>2</sub>-equivalente, parámetro usado para comparar el forzamiento radiativo en un conjunto de diversos componentes del forzamiento en un dado momento, no en tanto, no implica equivalencia en función de respuestas relacionadas al cambio climático ni al forzamiento siguiente. Usualmente no hay relación alguna entre las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente y las concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente resultantes.

## **L. Desarrollo sostenible**

Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987).

## **M. Descarbonización**

Proceso mediante el cual los países u otras entidades tratan de lograr una economía con bajas emisiones de carbono, o mediante el cual las personas tratan de reducir su consumo de carbono.

## **N. Ecosistema**

Unidad funcional constituido por organismos vivos, el entorno no vivo y sus interacciones. Además, componentes presentes dentro un ecosistema y sus límites que dependen para el cual está hecho el ecosistema, que en ciertos casos se tornan difusos y en otros precisos. Estos límites podrían ser modificados en función al tiempo. Los ecosistemas usualmente se organizan dentro de otros, mientras la escala podría manifestarse desde muy pequeño hasta alcanzar el conjunto de la biosfera. Hoy en día, casi todos los ecosistemas poseen seres humanos considerados como fundamentales, o que estos tienen influencia sobre los efectos de actividades antrópicas dentro su entorno.

## **O. Emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente**

Cuantía de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que causaría el mismo forzamiento radiativo integrado, en un horizonte temporal determinado, que cierta cantidad emitida de un gas de efecto invernadero (GEI) o de una mezcla de GEI. La emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente se calcula multiplicando la emisión de un GEI por su potencial de calentamiento global (PCG) en el horizonte temporal determinado. En el caso de las mezclas de GEI, se suman las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente correspondientes a cada gas. La emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente constituye una escala común para comparar las emisiones

de diferentes GEI, aunque no implica una equivalencia exacta de las respuestas correspondientes en relación con el cambio climático. Generalmente no existe ninguna relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente y las concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente resultantes.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Al determinar la estimación del potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis* sp La Quinoa en la Provincia de Pasco en el año 2022, es mayor en relación a otras especies forestales.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- Se logrará determinar situación actual de la vegetación de *Polylepis* sp. en los bosques alto andinos La Quinoa, en el ambiente de la provincia de Pasco en el año 2022.
- Al determinar la estimación del potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis* sp es mayor en relación a otras especies en La Quinoa en la Provincia de Pasco en el año 2022.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variables independientes**

Estimación del potencial de captura de carbono

### **2.5.2. Variables dependientes**

Biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis*

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>	<b>Método instrumento</b>
CO <sub>2</sub> en el bosque Natural de la Quinoa (Polylepis sp.)	Inventario	- Número de árboles en las parcelas - Diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada árbol - Altura de la Especie.	Unidad Metros Metros	- Huincha - Forcípula - Clinómetro.
Captura de CO <sub>2</sub> y almacenamiento de Carbono en el bosque Natural de Polylepis sp, para mitigar el cambio climático	Captura de Carbono, Almacenamiento CO <sub>2</sub>	- Materia seca por árbol - Carbono capturado por cada árbol - Almacenamiento de CO <sub>2</sub> estimadas por parcela	Kg. Kg. Kg	-Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa, Cálculo de Carbono -Capturado en la Biomasa. - Cálculo del Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) Almacenado.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Esta investigación es No Experimental dado que se recopiló, monitorea y analiza datos que nos ayuden a estimar el potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de Polylepis La Quinua en la Provincia de Pasco.

#### **3.2. Nivel de investigación**

(Moreno Galindo, 2022), tomando como referencia la “Metodología de investigación, pautas para hacer Tesis” nos indica que para dar el nivel de la presente investigación está clasificado descriptivo según los siguientes aspectos:

- a) El propósito de este nivel de estudio es describir situaciones y eventos. Decir cómo es y cómo se manifiesta determinado fenómeno.
- b) Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de la investigación: personas, grupos, comunidades, etc.

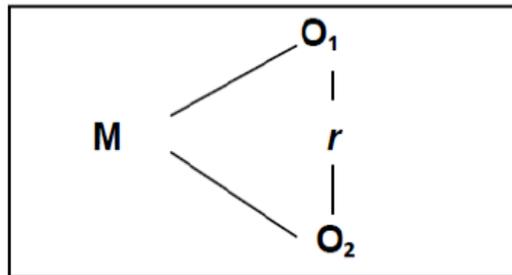
### 3.3. Métodos de investigación

Será empleado el método inductivo, donde se aplica etapas como la de análisis, observación y representación, que visará postular una hipótesis que muestre la información influencia ambiental generada por la presencia del bosque altoandino de quinales en la captación de carbono en la biomasa aérea en esta zona en investigación.

Como también el método no experimental, de nivel descriptivo; debido a que, tiene como fin estimar el nivel de captura de CO<sub>2</sub> del quinal además, no existe manipulación de la variable y la recolección de datos se da en un solo momento, en un tiempo único.

### 3.4. Diseño de investigación

El estudio presenta un diseño Descriptivo Correlacional, diseñado científicamente de la siguiente manera:



Dónde:

M = Muestra.:

O<sub>1</sub>= Variable Independiente:

O<sub>2</sub> = Variable Dependiente:

r = Relación de las variables de estudio-

Para el diseño se tiene áreas de estudios, para lo cual se tendremos una superficie de 1 hectáreas que al principio estaba vacía, pero se ha repoblado con plantas que, de media, pesan 1 kilogramo. En total contamos unas 1.400 plantas de la especie de interés al final del año, lo que nos da, consecuentemente, 1.400 kilogramos de masa total (biomasa de especie). Si hacemos los cálculos pertinentes (1.400 kg/ 1 Ha), obtendremos que, en total, la productividad ha sido de 1400 kg/Ha/año.

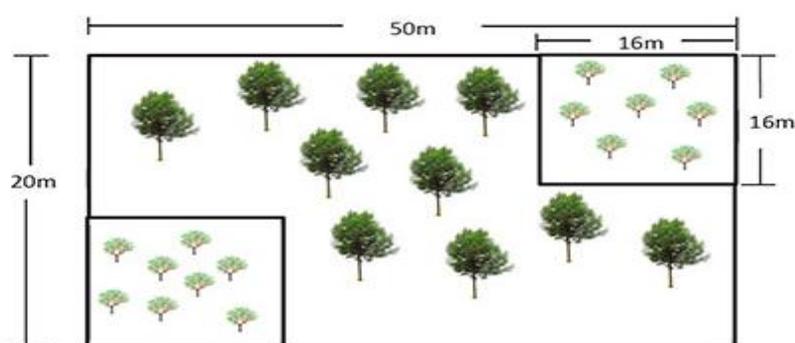
### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

Gran parte del Bosque de quinales de La Quinua-Pasco se encuentra ubicado a 11 kilómetros de la ciudad de Cerro de Pasco, a  $10^{\circ}36'59''$  de latitud Sur y  $76^{\circ}10'34''$ , longitud Oeste, distribuida en ambas márgenes de la cuenca alta del río Huallaga, con altitudes que oscilan entre los 3,550 a 4,000 m.s.n.m., así lo señala la ordenanza emitida por el Gobierno Regional de Pasco.

#### 3.5.2. Muestra

Para el muestreo se realizó considerando que las plantas eran homogéneas en su crecimiento, tamaño, por ello, la distribución de los puntos de muestreo fue al azar dentro de la plantación, como se muestra en la Ilustración 2, se



*Ilustración 5: Tamaño de parcela para la toma de muestras al para determinar la biomasa del quinual*

seleccionaron aleatoriamente 10 parcelas cada una de 1000 m<sup>2</sup> de las cuales se obtuvo La biomasa como: las hojas, ramas y los tallos de la planta el quinal, esta se introdujo con cuidado en una bolsa de polietileno, todo el material recolectado fue etiquetado y trasladó al laboratorio de central de la UNDAC.

A continuacion se muestra los puntos determinados aleatoriamente para realizar la medicion de la biomasa arborea del quinal el cual se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla No. 1: Coordenadas UTM de las parcelas de muestreo

Parcela	Coordenadas UTM- DATUM WGS84 Zona18S		Área (ha)
	Este	Norte	
P-01	371294.07	8825218.33	0.10
P-02	373022.20	8822557.34	0.10
P-03	370768.35	8827291.01	0.10
P-04	370959.25	8825055.04	0.10
P-05	370571.82	8826537.03	0.10
P-06	371371.34	8827471.13	0.10
P-07	371983.75	8824662.53	0.10
P-08	372328.16	8823139.07	0.10
P-09	370959.25	8825055.04	0.10
P-10	370753.06	8827017.91	0.10

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Etapa de gabinete**

Se elaboró un plan de trabajo, para recolectar y procesar datos usando la compilación bibliográfica y también se aplica metodologías que permitan estimar la captura de carbono en el bosque altoandino de quinuales.

#### **3.6.2. Etapa de campo**

El punto fue identificado de manera previa el cual fue clasificado utilizando un equipo navegador de posicionamiento GPS.

- Ubicación de las zonas para la toma de muestras.
- Selección de los árboles de quinual.
- Medición de los parámetros para determinar la estimación de biomasa aérea con los datos obtenidos de los árboles de quinual.

#### **3.6.3. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas que se usara para la siguiente investigación son:

- La observación, para determinar el estado actual de la situación ambiental del bosque altoandino de la quinual de los componentes ambientales.
- Los datos de monitoreos para determinar la estimación la captura de carbono en la biomasa aérea con los datos obtenidos de los árboles de quinual.

#### **3.6.4. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos en la presente investigación son:

- En la observación son los apuntes de cada componente ambiental, para verificar el estado actual del bosque.

- Los datos de las muestras para determinar la estimación la captura de carbono en la biomasa aérea de los árboles de quinal.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

#### **3.7.1. Selección**

La recopilación y selección de los datos usados en el presente estudio, fue obtenido de una base de datos y de la toma de datos en campo.

#### **3.7.2. Validación**

Los datos para la obtención y análisis del resultado fueron comprobados, revisados y aprobado por el asesor de la tesis, por lo tanto, se valida su autenticidad.

#### **3.7.3. Confiabilidad**

Los datos obtenidos para el análisis fueron realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, previa autorización de la Dirección de Laboratorios, el cual se ha realizado con tres repeticiones y se realizaron varias veces y en diferentes muestras. Como está considerado en los protocolos de análisis para carbono total.

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

Los datos obtenidos de monitoreo corresponderán a parámetros establecido por el Ministerio del ambiente Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal Para facilitar el análisis de datos se elaborará gráficos.

### **3.9. Tratamiento estadístico**

Los datos de las variables estudiados y que derivaron de la información laboratorial y de campo fueron tratados a través de la estadística descriptiva que analiza el comportamiento de la varianza, que permite determinar si sigue una distribución normal, y así se pueda usar la estadística paramétrica o no paramétrica, el cual se hizo usando la metodología de Kolmogorov-Smirnov, mientras la homodasticidad fue evaluada a través el test de Levene, permitiendo usar la estadística paramétrica de los datos que permitan comparara las medias de los tratamientos usando el análisis de varianza (modelo lineal general) y posterior Tukey test para encontrar diferencias entre niveles de factores.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

El presente trabajo de investigación fue desarrollado con los principios de la ética personal y profesional, teniendo muy claro las costumbres, criterios, los principios y valores, que en todo proceso de investigación se debe de considerar. A demás mencionar que es muy importante mencionar que el presente estudio es el resultado de las experiencias adquiridas en nuestra universidad como en los trabajos desempeñados en la investigación realizada en el bosque los Quinuales de la provincia de Pasco.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

Según el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015), la población de *Polylepis* sp. de La Quinua corresponde a un bosque relicto altoandino. Para la toma de muestra del estudio se realizó una estratificación del bosque en base a la cobertura vegetal y tipo de suelo, según los mapas temáticos de la zona y a la hoja según la 22 k de la Carta nacional (IGN 2005). El punto de ubicación es llegar al Km 161 de la carretera PE-3N (Oroya - Huánuco). Cruzando



*Ilustración 6: Bosque de Polylepis La Quinua*

el poblado de La Quinua, y luego: ascender por el camino afirmado en buen estado hasta encontrar buenos habitats. Otro buen lugar es el Km 144+100, donde existe un amplio bosque de *Polylepis*, cruzando el puente de acceso al cementerio.

Los materiales de Campo que se han usado son los siguientes: wincha de 100 m, forcípula, GPS, lapicero, cuaderno, clinómetro, machete, placas off set, formato de inventario de plantaciones de quinual (*Polylepis* sp), cinta satinada, rafia, pintura esmalte, plumón indeleble, lapicero sin tinta. Para el registro de la Información se realizó la georreferenciación del área y se ubico 10 parcelas con plantaciones de quinual (*Polylepis* sp) de aproximadamente de 1000 m<sup>2</sup>. El inventario e identificación de las plantaciones se realizó al 95% de las plantas existentes, ubicados dentro de las áreas de las parcelas que se ubicaron para el estudio teniendo en cuenta los datos medición del arbolado para conocer las



*Ilustración 7: Medida de altura del polylepis sp.*

variables de interés, como son diámetro normal (cm), altura fustal (m) y altura total (m), edad (años) y, posteriormente, estimar área basal ( $m^2$ ), volumen ( $m^3$ ), densidad (número de árboles por hectárea) y categorías diamétricas de cada árbol vivo en pie, árbol muerto en pie, altura fuste, tipo de hojas, altura total de árbol en pie.

Para la medición de la altura y diámetro del tronco los árboles de quinal se realizaron con la ayuda del clinómetro y forcípula respectivamente, teniendo en cuenta el diámetro altura pecho (DAP) que viene hacer a 1.30 m del suelo. Para Tomar la distancia óptima del árbol a ser medido debe ser de 5 a 10 metros, dependiendo de la escala del instrumento y de la visibilidad total que se tiene de la parte superior del árbol.

#### **a) Fase campo**

Una de las principales formas de estimación de carbono en parcelas medidas bajo diferentes protocolos metodológicos fue justamente contar con unidades de medición sumamente variables. Parcelas de un tamaño adecuado pueden registrar una variabilidad más alta en sus estimados de carbono por árboles extraordinarios muestreados, o carencia de ellos, una vez que la unidad es expandida a la hectárea (unidad de reporte), por cuanto no es de esperarse que todas las hipotéticas parcelas de dicho tamaño posibles de localizar en una hectárea tuvieran árboles de ese tipo. No resulta justificable, por ningún motivo, eliminar información de parcelas que contenga contenidos de carbono muy altos o bajos para estabilizar la varianza de los datos. Por esta razón se aplicó una ponderación basada en la varianza de la media para calcular en cada lugar de la media aritmética (MINAM, 2014).

La información recopilada en el campo, como los datos cuantitativos obtenidos se llevaron al gabinete donde fueron registrados en una base de datos Excel. Se elaboraron y se ha procesado los datos en tablas con el fin de realizar los cálculos a través de ecuaciones alométricas construidas.



*Ilustración 8: Medicion de hojas y tallos*



*Ilustración 9: Se muestra el bosque en la zona de Shalacruz y la medición cuanta diámetro altura pecho (DAP)*

Se identificaron las coordenadas UTM de la muestra previo a la fase de campo que de suma importancia puesto que facilitaron el trabajo en campo reduciendo los tiempos empleados en el recorrido del área de estudio. Asimismo,

el procedimiento para obtener dichas coordenadas, tal como se describe en la metodología, se realiza con facilidad a las herramientas que presenta el programa ArcGis. En la tabla 7 se detallan las coordenadas de ubicación de las 10 parcelas.

**b) Fase de Laboratorio.**

Se realizo en el laboratorio de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión donde se ha realizado los siguientes procedimientos

Una vez obtenidas las muestras de la planta como: hojas, tallos y la madera se trasladada al Laboratorio, se determina el volumen verde utilizando el método de desplazamiento de agua, el cual se basa en el Principio de Arquímedes, que establece que "un cuerpo que flota o se sumerge en un líquido, es empujado hacia arriba con una fuerza igual al peso del líquido desalojado por el objeto" y permite una medición sencilla y fiable del volumen para muestras de forma irregular. La fórmula aplicada para la determinación de la DM es:

$$DM = \frac{PS (g)}{V (cm^3)}$$

Donde:

DM= Densidad aparente o peso específico

PS= Peso seco

V= Volumen

La biomasa forestal se considera al peso o la estimación equivalente de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco. Es frecuente separarla en componentes, donde lo más típico

corresponden a la masa del fuste, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta. La biomasa de los componentes del árbol ubicados por encima del suelo se denomina biomasa aérea (Rodríguez Santos, 2013).

Inicialmente todas las muestras fueron sometidas de la misma manera, se extendieron y fueron sometidas a un secado natural, para luego ser tamizadas en abertura de dos (2) milímetros, a cada muestra se determinó la humedad inicial en porcentaje tomando una submuestra de aproximadamente 10 gramos y secándola en secador eléctrico a 105 °C por 24 horas, después las muestras se enfriaron en un desecador de vidrio y se pesaron en la balanza analítica digital de 0,001 g de precisión, este valor de humedad en (%) es necesario para realizar la cuantificación del Carbono Orgánico.

método utilizado fue por calcinación llevando las muestras a una mufla por un periodo de dos horas a 360 °C.



*Ilustración 10: Calcinación de las muestras*

#### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

Para la realización del procesamiento de los análisis de los resultados se usaron las ecuaciones alométricas para la especie *Polylepis* sp, los cuales han sido diseñadas a partir de la información proporcionada de las 10 parcelas en estudio cuyos datos relacionan la biomasa (M) como variable dependiente con el diámetro de altura de pecho como variable independiente (DAP).

La medida del DAP de los árboles de *Polylepis* sp. seleccionados están dentro del rango que va desde 10 cm a 25 cm.

En los análisis de la regresión realizada con el programa excel, para la especie *Polylepis* sp, nos indica que existe una alta relación entre las variables biomasa y DAP, el cual muestra buena representatividad de los ajustes para los parámetros que constituyen la ecuación alométrica de la especie *Polylepis* sp.

Los resultados obtenidos son de vital importancia por que constituye un aporte metodológico para la estimación de captura de carbono en zonas destinadas a la conservación de bosques alto andinos con presencia de la especie *Polylepis* sp. y una buena herramienta para valorar la función de captura de CO<sub>2</sub>.

Se determina la cantidad de biomasa aérea en el estrato de bosque muy denso fue de 122.64 t/h a. El estrato denso posee 64.45 t/ha y el estrato disperso posee 20.12 t/ha.

**Tabla No. 1: Contenido de carbono en la biomasa del *Polylepis sp***

<b>Estrato</b>	<b>Numerode parcelas</b>	<b>Biomasa Promedio (t/ha)</b>	<b>Densidad Promedio (Arboles/ha)</b>
Bosque disperso	5	20.12	99
Bosque denso	3	64.45	416
Bosque muydenso	2	122.64	662

(Jumbo Salazar, Arévalo Delgado, & Ramirez Cando, 2018) El cambio climático, es un fenómeno global que viene alterando el comportamiento de los distintos ecosistemas a nivel internacional. Se atribuye este cambio a actividades antropogénicas y a causas naturales, destacando los factores humanos; a partir del cual, son varios los efectos que se derivan, como el incremento en los eventos climáticos, éstos son las sequías y precipitaciones intensas (Riebeek, 2005). Por otra parte, los gases de efecto invernadero (GEI) debido al incremento en la atmosfera, principalmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), producido por las actividades antropogénicas esto debido al consumo de combustibles fósiles, viene generando la deforestación y un constante cambio de uso del suelo. A su vez, existen algunas particularidades que generan el cambio climático como: el incremento general y gradual de la temperatura, cambios en los comportamientos de las precipitaciones e incremento de eventos extremos (IPCC, 2006).

Una forma de mitigar estos efectos consiste en la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> de la atmósfera y fijar el carbono en la biomasa de los bosques alto andinos que están presentes la especie *Polylepis sp.*, lo cual sucede por medio del proceso de fotosíntesis (FAO, 2006; Yáñez Sandoval, 2004). Por tanto, los bosques juegan un rol importante, tomando en cuenta que la vegetación y el suelo intercambian aproximadamente el 80% de carbono con la atmósfera. Gracias a este proceso

almacenan cantidades de carbono en la biomasa de sus hojas, ramas, tallos y raíces, mientras liberan oxígeno hacia la atmósfera, actuando como sumideros de carbono (Pardos, 2010).

Tabla No. 2: Proporcionalidad de almacenamiento de carbono en la biomasa del *Polylepis* sp.

<b>Estrato</b>	<b>Biomasa aérea Promedio (t/ha)</b>	<b>Biomasa suelo Promedio (t/ha)</b>	<b>Biomasa Promedio (t/ha)</b>
Bosque disperso	12.04	8.08	20.12
Bosque denso	38.57	25.88	64.45
Bosque muydenso	73.39	49.25	122.64

En base al cálculo de biomasa aérea para cada estrato, se estimó la cantidad de carbono, que también propuso un valor de 59,47 % por Zapana (2016) para biomasa aérea realizada en otras investigaciones y un 40, 53 % biomasa en el suelo.

En nuestro caso se determinó el valor de la biomasa arbórea según los datos obtenidos en el trabajo de campo y laboratorio de las mediciones de la densidad de como: las ramas, tallo y hojas que dio como resultado cercano de 59.84 %. biomasa aérea y un 40.16 % biomasa en el suelo.

### **Estratificación del bosque alto andino La Quinua**

En el bosque alto andino de La Quinua podemos encontrar un gran número de plantas arbórea del *Polylepis* sp. con formas y tamaños distintos, algunas son altas, otras medianas, pequeñas y frágiles.

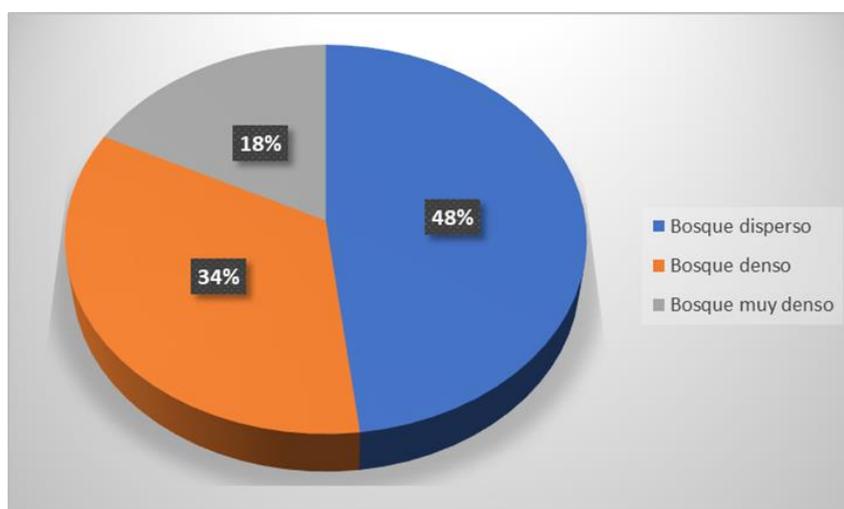


Ilustración 11: Estratos de la caracterización arbórea del *Polylepis* sp. del bosque alto andino La Quinua

Para la estratificación del bosque alto andino La Quinua se ha tomado en cuenta en la presente investigación en base a su cobertura vegetal se refiere a la distribución que presentan las plantas en los ecosistemas disperso, denso y muy denso. Así, tenemos que los árboles grandes forman el estrato más alto, llamado dosel; los arbustos junto con algunas hierbas forman el estrato medio, llamado sotobosque.

En cuanto al porcentaje de carbono almacenado en los tres estratos formados por la presencia de la especie arbórea *polylepis* sp., como se visualiza en la Ilustración 11; el mayor porcentaje es en los bosques muy densos con un 48%, seguido por los bosques denso con un 34% y en el caso del bosque disperso un 18 % del total.

El bosque de alto andino La Quinua, la misma que representa una primera aproximación con la información recabada, pudiendo complementar con otros estudios que puedan mejorar en la medida que se genera información más completa, nuevas tecnologías de toma de muestra como es el caso de empleo de drones.

### **4.3. Prueba de hipótesis**

Al haber determinado la estimación del potencial de captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis* sp. se encuentra tres estratos definidos como se indica a continuación: Muy denso fue de 122.64 t/ha, mientras el estrato denso posee 64.45 t/ha y el estrato disperso posee 20.12 t/ha en comparación a otras especies muestra una buena condición en el desarrollo de la especie, y es mayor en relación a otras especies forestales también en el caso de los bosques objeto del presente estudio, la especie dominante es el *Polylepis* en cuanto a ubicación en la estratificación arbórea.

#### **Hipótesis específicas**

Al determinar situación actual de la vegetación de *Polylepis* sp. en los bosques alto andinos La Quinoa, Estrato disperso existe un promedio de 99 árboles/ha, estrato denso de 416 árboles/ha y muy denso de 662 árboles/ha de diferentes tamaños, otras medianas, pequeñas, frágiles y de una variabilidad de formas es lo que se puede apreciar en el ambiente del bosque La Quinoa, en la evaluación realizada.

Al determinar la estimación del potencial de captura de carbono en la biomasa forestal en los bosques alto andinos de *Polylepis* sp es mayor en relación a otras especies en La Quinoa en la Provincia de Pasco en el año 2022.

Como consecuencia del aumento de las concentraciones de carbono en la atmósfera y su repercusión en el cambio climático global ha surgido la necesidad de determinar la cantidad de carbono almacenado en los ecosistemas, de los cuales los bosques alto andinos de *Polylepis* sp. La Quinoa, representan un gran potencial de captura del mismo en sus diferentes depósitos (biomasa aérea o

forestal, suelo y mantillo); la biomasa aérea comprende el fuste, las hojas y las ramas, porque el bosque al parecer tiene buen estado de conservación y están bajo manejo. Se realizaron dos estimaciones, conservadora y real, del contenido de carbono en dicha biomasa.

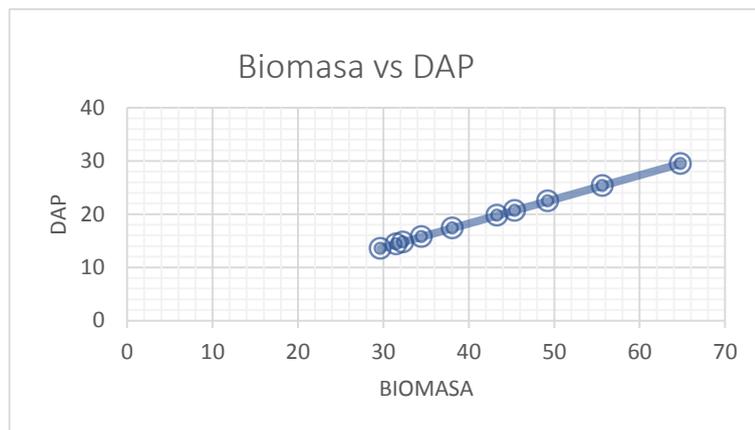
### **Pruebas de regresión simple (Correlación de Pearson)**

En la estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es una medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. También se muestra, entre paréntesis, el número de pares de datos utilizados para calcular cada coeficiente. El tercer número en cada bloque de la tabla es un valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores-P abajo de 0.05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95.0%. Todos los pares de variables tienen valores-P por debajo de 0.05.

### **DAP vs Biomasa**

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre Biomasa y DAP. La ecuación del modelo ajustado es:

$$B = -0.2457 + 2.2045 *DAP$$



**H<sub>0</sub>:** No hay relación entre la biomasa y DAP en la captura almacenamiento significativo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y diámetro altura pecho.

**H<sub>a</sub>:** hay relación entre la biomasa y el DAP en la captura almacenamiento significativo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y diámetro altura pecho

De los resultados obtenidos se establece que hay una buena relación entre la biomasa de captura y Diámetro a la altura del pecho (DAP) en la captura y almacenamiento significativo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la especie *Polylepis* sp, en el bosque en el Centro Poblado de La Quinua, al obtener una alta coeficiente de correlación ( $r= 0,99$ ) aceptando la hipótesis alterna; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

#### 4.4. **Discusión de resultados**

##### **Carbono total secuestrado por estratos en los bosques de *Polylepis* sp.**

Finalmente, el valor de carbono total almacenado en promedio considerando los tres estratos en los bosques de *Polylepis* sp de la Quinua fue de 53.923 tC / ha, comparado al valor de 65.407 tC/ ha determinado por (Taípe Rodríguez, 2019) el valor obtenido en el presente estudio bastante menor, debido a la madurez de los árboles y la falta de un constante programa de manejo de

bosques, igualmente el valor es menor a lo definido por la presente investigación. Esta variación también explicaría las variaciones de condiciones de suelo, clima y otros factores ambientales, el estudio de comparación explicaría por las diferentes estructuras verticales y horizontales para cada formación boscosa estudiada.

### **Dióxido de carbono almacenado en los bosques de *Polylepis* sp.**

El bosque de *Polylepis* sp. en el centro poblado La Quinua, cumple un papel importante en las reservas totales de carbono en la biomasa vegetal y el suelo del bosque, la misma que mitiga los gases de efecto invernadero a través de la captura de CO<sub>2</sub> frente al problema de del cambio climático que viene sucediendo en el planeta tierra. De las 10 parcelas estudiadas el área de estudio fue de la siguiente manera: estrato disperso fue de 4.81 ha, estrato denso de 3.44 ha y estrato muy denso de 1.75 ha.

Con esta investigación también se trata de concientizar a la población del Centro Poblado de La Quinua, ubicado la provincia de Pasco, sobre la importancia que tiene el bosque en sus múltiples servicios ecosistémicos que nos brinda en favor de las familias y la sociedad en su conjunto, proponer e incentivar a la población a plantar y cuidar los árboles, con la finalidad de preservar nuestro bosque que tanto nos necesita para que cumpla la función de disminuir los gases de efecto invernadero frente al cambio climático que viene generando la variación del clima a nivel del planeta tierra, esto debido al calentamiento global.

Esto nos conlleva a que nosotros y las autoridades distritales, provinciales y regionales, tomemos acciones frente a la preservación y conservación, y realicen proyectos sostenibles, en beneficio de los bosques naturales, se tornaron en una

alternativa factible y eficaz, para contrarrestar el deterioro diversas zonas, además proponer como una mejor opción superando a las áreas naturales protegidas o la reforestación. Este manejo conserva la biodiversidad, e inclusive puede eliminar la deforestación, restaurando la cobertura forestal si tiene las condiciones necesarias en la tenencia de la tierra, que se hayan reconocido sus derechos de usos y cumpla una política pública para sumar el buen manejo.

Los bosques juegan un rol vital en la producción de oxígeno y sobre todo para atenuar el cambio climático, ya que estos cumplen la función de almacenar carbono y de ser responsable directo de sintetizar enormes cantidades de dióxido de carbono del flujo de carbono entre ambas la atmosfera y la tierra y que ocurre por intermedio de la respiración y síntesis. Esto porque alrededor del 90% de biomasa acumulada sobre la tierra está constituida en bosques por medio de fustes, raíces, materia orgánica, y hojas (Tipper 1998, citado por Urquiaga 2012). Así estos son conocidos como los que logran almacenan enormes cantidades de carbono en la vegetación, y también los suelos cumplen un rol activo porque realiza el intercambio del CO<sub>2</sub> entre la atmosfera y biósfera (Urquiaga 2012).

## CONCLUSIONES

1. La cantidad de carbono almacenado en la biomasa en promedio del *Polylepis* sp en el bosque La Quinoa fue de 53.923 tC/ha, este resultado fue producto del promedio de los 3 estratos estudiados.
2. Los resultados en los estratos fueron de la siguiente manera: Muy denso fue de 122.64 t/ha, mientras el estrato denso posee 64.45 t/ha y el estrato disperso posee 20.12 t/ha.
3. A continuación, se muestra la caracterización de los resultados de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea, suelo, subterránea y necromasa fue de la siguiente manera: 36.68 tC/ha (68%) biomasa aérea; biomasa necromasa (hojarasca) 0.53 tC/ha (1%); biomasa del suelo, 11.86 tC/ha (22%) y biomasa subterránea 4.85 tC/ha (9%), siendo la biomasa aérea la de mayor cantidad.
4. De las 10 parcelas estudiadas el área de estudio fue de 10 hectarias y fue distribuido de la siguiente manera: estrato disperso fue de 4.81 ha, estrato denso de 3.44 ha y estrato muy denso de 1.75 ha.
5. Las pruebas de las ecuaciones alométricas dieron una buena correlación Biomasa y DAP.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se debe profundizar estudios a seguir para evaluar el contenido de carbono que podría almacenarse en un futuro en el bosque de *Polylepis* sp a medida que los árboles adquieran mayor tamaño.
2. Se debe concientizar a la población de La Quinua, en la importancia del servicio ecosistémico que brinda el bosque, específicamente en la captura de carbono que brinda el bosque natural de *Polylepis* sp y de esta forma generar una conciencia de su conservación.
3. Sensibilizar a las autoridades locales, regional y nacional en base a esta información encontrada se plantee y se diseñe políticas a nivel local que busquen conservar y gestionar de forma sostenible el mantenimiento y la conservación el bosque natural de *Polylepis* sp en la localidad de La Quinua. Así mismo esta información puede ser utilizada en la estimación del valor económico referencial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(s.f.). Obtenido de

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5\\_SYR\\_Glossary\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5_SYR_Glossary_es.pdf)

ÁLVAREZ, J., SOTERO, V., BRACK, A., & IPENZA, C. (2011). *Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio una bomba de tiempo río Huaypetuhe - Madre de Dios*. Lima - Perú.: Informe preparado por el instituto de la Amazonía Peruana - IIAP y el ministerio del ambiente.

Andina Agencia Peruana de noticias. (19 de Enero de 2017). Reforestan áreas libres de Pasco con 5,000 plantones de quinales.

Benjamín Ordóñez, J. A., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 3-12.

Boza Espinoza, T. E. (2020). *Taxonomic studies in Polylepis (Rosaceae)*. University of Zurich.

Boza Espinoza, T. E., Quispe Melgar, H. R., & Kessler, M. (2019). Taxonomic Reevaluation of the *Polylepis sericea* Complex (Rosaceae), with the Description of a New Species. *Systematic Botany*, 324-334.

Brown, S., & Lugo, A. E. (1984). A New Estimate Based. Biomass of Tropical Forests. *Science*, 120-1293.

Cabrera Villarreal, P. (2020). Aspectos Normativos de la Pequeña Minería y Minería Artesanal. *Gerencia Regional De Energía, Minas E Hidrocarburos*, 57.

Cahill, J., & Merckx, T. V. (2021). Lower density of arthropod biomass in small high-Andes *Polylepis* fragments affects habitat use in insectivorous birds. *Ecosphere*.

Calderon, M. (13 de Junio de 2017). *Minería Formal*. Obtenido de Diccionario Jurídico y Social | Enciclopedia Online: [https://diccionario.leyderecho.org/mineria-formal/#Concepto\\_de\\_Mineria\\_Formal\\_en\\_Derecho\\_Minero](https://diccionario.leyderecho.org/mineria-formal/#Concepto_de_Mineria_Formal_en_Derecho_Minero)

Carvajal Agudelo, B. N., & Andrade, H. J. (11 de Marzo de 2020). Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia. *ORINOQUIA*, 13-22. doi:<http://doi.org/10.22579/20112629.587>

- Carvajal Agudelo, B. N., & Andrade, H. J. (2020). Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia. *Orinoquia*, 13-22. doi:<https://doi.org/10.22579/20112629.587>
- Carvajal Agudelo, B. N., & Andrade, H. J. (2020). Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia. *Orinoquia*, 13-22.
- Chave, J. (1996). Wood density measurement protocol. Measuring wood density for tropical. *Toulouse*, 7.
- Dammert Lira, A., & Molinelli Aristondo, F. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú*. Lima: Osinergmin. Obtenido de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Libro\\_Panorama\\_de\\_la\\_Mineria\\_en\\_el\\_Peru.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro_Panorama_de_la_Mineria_en_el_Peru.pdf)
- Dávalos Sotelo, R., Rodrigues Morato, M. I., & Martínez Pinillos-Cueto, E. (2008). Almacenamiento de carbono. En R. H. Manson, V. Hernandez-Ortiz, S. Gallina, & K. Mehltrete, *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz biodiversidad, manejo y conservación* (págs. 223-232). Mexico: Edition: FirstPublisher: Instituto de Ecología A.C. .
- De Petre, A., Ulf Ola, K., Ali, S., & Reynero, N. (2016). *Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON)*. Argentina: PIARFON Monte y Espinal.
- Delgado Montoya, V. (2013). *Guía para la cuantificación de la biomasa y el carbono forestal, generación de modelos y uso de herramientas para su estimación*. Bogotá D.C.: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR.
- Dickinson, T., Lo, E., & Talent, N. (2007). Polyploidy, reproductive biology, and Rosaceae: understanding evolution and making classifications. *Plant Syst Evol.*, 59–78.
- Dosque Muñoz, J. (S/f). Ciclos biogeoquímicos Guía de aprendizaje 1. Obtenido de Ministerio del ambiente: <https://www.minam.gob.pe/prensa/dialogos-ambientales/dialogos-ambientales-mineria-ilegal-y-mineria-informal/>

- ESPINOZA G. (2001). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo – BID. Santiago – Chile: Centro de Estudios para el Desarrollo – CED.
- Green Facts. (S/f). *Captura de carbono*. Obtenido de <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/captura-carbono.htm>
- IPCC. (2006). Directrices del ipcc para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. capítulo 4: Tierras forestales (volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros servicios de la tierra). En *Task Force on National Greenhouse Gas Inventories*. Obtenido de <https://goo.gl/N4Fdag>
- Jumbo Salazar, C. A., Arévalo Delgado, C. D., & Ramirez Cando, L. J. (2018). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza, Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 51-63.
- Kerr, M. (2004). *A phylogenetic and biogeographic analysis of Sanguisorbeae (Rosaceae), with emphasis on the Pleistocene radiation of the high Andean genus Polylepis*.
- Kessler, M. (1995). The genus polylepis (Rosaceae) in Bolivia. *Candollea. Candollea*, 131–171.
- Kessler, M., & Schmidt Lebuhn, A. N. (2005). Taxonomical and distributional notes on Polylepis (Rosaceae). *Organisms Diversity Evolution*, 1-8.
- Labor. (2020). *Bosques, Relictos Altoandinos Bosque de Quinuales en Pasco - Resistencia*. Cerro de Pasco: Sonimágenes del Perú S.C.R.L.
- Lerrain, S. (2007). El agua en Chile: entre los derechos humanos y las reglas del mercado. *Revista Polis*, 14.
- Llanos Peña, R. L. (30 de Enero de 2021). Entrevista de la minería informal en Pasco. (J. B. Chavez Osorio, Entrevistador)
- Mamani Salas, M. S. (2018). *Diversidad Genética Poblaciones de Polylepis canoi W. Mendoza y Polylepis rodolfo-vasquezii L. Valenzuela & L. Villalba mediante el uso de Microsatelites (SSR) en la region Junin*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.

- MEM. (09 de Marzo de 2021). *REINFO Consolidado*. Obtenido de REGISTRO INTEGRAL DE FORMALIZACIÓN MINERA - REINFO: [http://www.minem.gob.pe/\\_detalle.php?idSector=20&idTitular=8049&idMenu=sub8048&idCateg=1442](http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=20&idTitular=8049&idMenu=sub8048&idCateg=1442)
- MINAM. (2014). *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Minga Ochoa, D., & Verdugo Navas, A. (2016). *Arboles y Arbustos de los ríos de Cuenca*. Azuay - Ecuador: Editorial Don Bosco.
- MORALES DASSO, J. M. (2009). Aciertos y Debilidades de la Legislación Minera Actual. *Revista de Derecho Administrativo* N° 8, 139.
- Moreno Galindo, E. (2022). Metodología de investigación, pautas para hacer Tesis. *blogspot*. Obtenido de <https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/>
- Ordóñez Díaz, J. A., Rivera Vázquez, R., Tapia Medin, M. E., & Ahedo Hernández, L. R. (2015). Contenido y captura potencial de carbono en la biomasa forestal de San Pedro Jacuaro, Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7-16.
- Páez Mendoza, C. M. (2014). *Estimación de biomasa forestal y capacidad de captura de carbono de las especies forestales Weinmannia tomentosa y Myrcianthes sp. reserva forestal protectora el Malmo (Vereda Barón Germania - Tunja-Boyacá)*. Tunja: UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD.
- Pardos, J. A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. *Ministerio de Ciencia e Innovación*.
- Parejo Bueno, C., & Parejo Coletto, J. (2012). *LA MINERÍA METÁLICA EN EL MUNDO. EL CASO PARTICULAR DE EXTREMADURA*. UNEX. Obtenido de [https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/eia/archivos/iag/2012/2012\\_06%20Mineria%20metalica%20en%20el%20mundo.%20El%20caso%20particular%20de%20Extremadura.pdf](https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/eia/archivos/iag/2012/2012_06%20Mineria%20metalica%20en%20el%20mundo.%20El%20caso%20particular%20de%20Extremadura.pdf)
- Pinos, J. (2020). Challenges and conservation implications of polylepis woodlands in the Andean region: defining actions for sustainable management. *Hacquetia*, 143–153.

- R. Garfias, S., M. Castillo, S., A. Vita, A., H. Bown, I., P. Zúñiga, N. y., & Caldente, J. (2019). *Funciones de biomasa y estimación de carbono fijado por las principales especies del bosque esclerófilo de las Regiones de O'Higgins y del Maule*. La Pintana Santiago: Universidad de Chile.
- Riebeek, H. (2005). The rising cost of natural hazards. *NASA Earth Observatory*.  
Obtenido de <https://goo.gl/wiQ81C>
- Robertson, A., Rich, T., Allen, A., & al., e. (2010). Hybridization and polyploidy as drivers of continuing evolution and speciation in *Sorbus*. *Mol Ecol.*, 1675–1690.
- Rodríguez Santos, N. (2013). *Guía para la cuantificación de la biomasa y el carbono forestal, generación de modelos y uso de herramientas para su estimación*. Bogotá: CAR DE CUNDINAMARCA .
- Romoleroux, K. (1996). Flora of Ecuador. In: Harling G, Andersson L, editors. *Rosaceae. Copenhagen: Council for Nordic Publications in Botany*, 71–89.
- Sánchez Amador, S. A. (2021). Biomasa: qué es, cómo se calcula, y cómo se distribuye. *Psicología y Mente*.
- Schmidt Lebuhn, A., Kessler, M., & Kumar, M. (2018). Promiscuity in the Andes: species relationships in polylepis (Rosaceae, Sanguisorbeae) Based on AFLP and morphology. *Forests*, 267.
- Segovia Salcedo, M. C., Caiza Guamba, J. C., Kessler, M., Ramsay, P. M., Renison, D. R., & al, e. (2021). ¿Cómo avanzar en la conservación de los bosques de Polylepis y su diversidad biológica? *Neotropical Biodiversity*, 318-326.
- Sevillano Ríos, C., & Rodewald, A. (2021). Responses of polylepis birds to patch and landscape attributes in the high Andes. *Neotrop Biodivers*, 5-22.
- Simpson, B. (1979). A revision of the genus polylepis (Rosaceae: Sanguisorbeae). *Smithson Contrib to Bot.*, 1–62.
- Smith. (1993). Captura de Carbono en un bosque tropical” Michoacan-México.
- Sosa Santiago, H. (11 de Agosto de 2005). *La Contaminación de Cerro de Pasco*.  
Obtenido de ECOPORTAL: [https://www.ecoport.net/temas-especiales/mineria/la\\_contaminacion\\_de\\_cerro\\_de\\_pasco/](https://www.ecoport.net/temas-especiales/mineria/la_contaminacion_de_cerro_de_pasco/)

- Taipe Rodríguez, A. J. (2019). *Secuestro de carbono de la biomasa aérea, suelo y necromasa en el paraje Ccallanapucro, Comunidad Campesina de Sacsamarca – Huancavelica*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Torres Cuzcano, V. (2015). *Minería Ilegal e Informal en el Perú: Impacto Socioeconómico*. Lima.
- Vilchez Novoa, E. (2014). *Cuantificación de biomasa y carbono secuestrado en un sistema agroforestal de cacao ( Theobroma cacao l.) en Tarapoto-San Martín* . Tarapoto: Universidad Nacional San Martín.
- Wikispecies. (S/f). *Polylepis*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Polylepis>
- Zavala Solórzano, J. W., & Vega Jara, L. (2021). *captura y almacenamiento de carbono en distintas edades del cultivo de cacao bajo sistemas agroforestales de Tingo María*. Huánuco.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Instrumentos de investigación

<i>Especie Polylepis</i>	Número Arboles por estratos				DAP (cm)		H (cm)	
	Muy Densa	Densa	Disperso	TOTAL	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
611	429	88	1128	1.7	28.2	1.58	7.3	
630	410	87	1127	1.3	30.8	1.43	6.1	
656	327	76	1059	1.5	35.6	1.00	9.3	
629	456	109	1194	1.5	34.9	1.64	11.3	
527	399	156	1082	1.2	38.5	1.47	10.9	
718	478	168	1364	1.7	28.2	1.58	7.3	



## UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

### FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1 apellidos y nombres del informante: **PACHECO SALINAS, Kinberly Katherine**
- 1.2 grado académico: **Ingeniera Ambiental**
- 1.3 cargo e institución donde labora: **Dirección Regional de Minería e hidrocarburos de Lima**
- 1.4 título de la investigación: **"Estimación del potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en el Polylepis sp en los bosques alto andinos La Quinua en la Provincia de Pasco**
- 1.5 autor del instrumento: **CORNEJO SANTOS Edith Olga**
- 1.6 nombre del instrumento:

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIO	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas					X
OBJETIVIDAD	Cumple su fin de determinar la GPC y percepción ciudadana					X
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad					X
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para poder determinar los aspectos del estudio				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos					X
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto de la tabla					X
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de investigación				X	
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

#### III. PROMEDIO DE VALIDACION: 98%

#### IV. OPINION DE APLICACIÓN

- Muy interesante y objetivos los puntos a evaluar en su trabajo de investigación

Cerro de Pasco, 10 de sebre del 2022	completar	completar	completar
Lugar y fecha	Kinberly Katherine Pacheco Salinas DNI 73669987		960925177



## UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

### FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1 apellidos y nombres del informante: ZVALETA SANCHEZ, Eleuterio Andrés
- 1.2 grado académico: Licenciado en Física -Maestro en Ciencias Físicas
- 1.3 cargo e institución donde labora: Docente de la E.F.P Ingeniería Ambiental
- 1.4 título de la investigación: "Estimación del potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en el Polylepis sp en los bosques alto andinos La Quinoa en la Provincia de Pasco
- 1.5 autor del instrumento: CORNEJO SANTOS Edith Olga
- 1.6 nombre del instrumento:

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIO	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-880%	EXCELENTE 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas				X	
OBJETIVIDAD	Cumple su fin de determinar la GPC y percepción ciudadana				X	
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad					X
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para poder determinar los aspectos del estudio					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos					X
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto de la tabla					X
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de investigación					X
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

#### III. PROMEDIO DE VALIDACION: 98%

#### IV. OPINION DE APLICACIÓN

- Los instrumentos de la investigación están bien planteados tal como se muestra en las calificaciones obtenidas.

Cerro de Pasco, 10 de sebre del 2022	completar	completar	completar
Lugar y fecha	DNI No. 17821184		CEL. No. 937529933



## UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

### FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1 apellidos y nombres del informante: **ASTO LIÑÁN, Julio Antonio**  
1.2 grado académico: **Ingeniero Químico -Maestro en Ingeniería Química**  
1.3 cargo e institución donde labora: **Docente de la E.F.P Ingeniería Ambiental**  
1.4 título de la investigación: **"Estimación del potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en el Polylepis sp en los bosques alto andinos La Quinoa en la Provincia de Pasco**  
1.5 autor del instrumento: **CORNEJO SANTOS Edith Olga**  
1.6 nombre del instrumento:

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIO	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-880%	EXCELENTE 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas				X	
OBJETIVIDAD	Cumple su fin de determinar la GPC y percepción ciudadana				X	
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad					
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para poder determinar los aspectos del estudio				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos					X
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto de la tabla					X
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de investigación					X
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

#### III. PROMEDIO DE VALIDACION: 95%

#### IV. OPINION DE APLICACIÓN

- Se logra obtener la validación de los instrumentos para el estudio de la estimación del potencial de Captura de carbono en la biomasa forestal en el Polylepis sp en los bosques alto andinos La Quinoa en la Provincia de Pasco, siendo una información valiosa en la región Pasco

Cerro de Pasco, 10 de noviembre del 2022	completar	completar	Completar
Lugar y fecha	DNI No. 18203025		CEL. No. 946224026



Fotografía No. Trabajo en el laboratorio para estimar carbono en la biomasa del *Polylepis* sp.



Fotografía No. Pesado de la muestra para determinar la biomasa del *Polylepis* sp.