

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AMBIENTAL



TESIS

**Estimación de la captura de CO₂ en el bosque forestal
de quinal (*Polylepis* sp), para mitigar el cambio
climático en el Centro Poblado de la Quinoa,
Yanacancha, Pasco - 2020**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor: Bach. Brayan Stiven CARLOS BRAVO

Asesor: Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



TESIS

**Estimación de la captura de CO₂ en el bosque forestal
de quinal (*Polylepis* sp), para mitigar el cambio
climático en el Centro Poblado de la Quinua,
Yanacancha, Pasco - 2020**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN
PRESIDENTE

Mg. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
MIEMBRO

Mg. Anderson MARCELO MANRIQUE
MIEMBRO

DEDICATORIA

El presente estudio está dedicado a mis padres, mis hermanas y mi familia pilares fundamentales en mi vida.

AGRADECIMIENTO

- A Dios por estar en mi camino
- A mis Docentes de la escuela de Ingeniería Ambiental por su apoyo incondicional.
- A mis Padres, porque sin ellos no hubiera sido posible la culminación de este trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo fue desarrollado en la localidad de La Quinoa, que tiene una topografía accidentada, con pequeñas planicies, notándose en el flanco derecho e izquierdoladeras con bosques silvestres y reforestados con *Polylepis* sp (*Polylepis racemosa* Ruiz & Pav y *Polylepis incana* Humboldt). El objetivo es determinar la capacidad de secuestro de carbono (C) en la biomasa aérea, necromasa, y suelo - subterráneo y su almacenamiento de CO₂ del bosque natural de *Polylepis* sp (*Polylepis racemosa* Ruiz & Pav y *Polylepis incana* Humboldt). La investigación fue aplicada, descriptivo – comparativo, con diseño no experimental y corte transversal. El bosque de *Polylepis* sp. (*Polylepis racemosa* Ruiz & Pav y *Polylepis incana* Humboldt) de unos 766.55 fue considerada como la población, mientras la muestra fue tomada 43 parcelas (20 x 100 m) el cual fue obtenida a través del muestreo estratificado al azar intencionado. Metodologías implantadas por MINAM (2009) y Rognitz et al., (2009) fueron usadas como procedimiento. Los resultados encontrados dieron a conocer carbono secuestrado en la biomasa aérea del estrato bosquemuy denso fue de 70.82 tC/ha, de 41.34 tC/ha estrato bosque denso, y en el árbol en el estrato bosque disperso fue de 9.51 tC/ha, haciendo un total de 121.67 tC/ha en la biomasa aérea; 15.34 tC/ha en la biomasa subterránea; 38.50 tC/ha en la biomasa suelo y 2.23 tC/ha biomasa necromasa (hojarasca). El carbono total secuestrado en la biomasa aérea, subterráneos, suelo y necromasa (hojarasca) fue de 121.67 tC/ha en 766.55 ha, el dióxido de carbono (CO₂) secuestrado en bosque natural del centro poblado La Quinoa fue de 652.31 tCO₂/ha. Fue observado que a diámetro mayor hubo mayor biomasa, así, se encuentra mayor contenido de C y su captura del CO₂ es incrementado. Es concluido que estimar el carbono depende fuertemente del DAP debido a que el C forma el 50% de la biomasa estimada, y su tendencia se torna potencial basado a que estos árboles alcanzan la

madurez, reduciendo su capacidad de capturar el CO₂.

Palabras clave: Carbono capturado, *Polylepis* sp. bosque altoandino, almacenamiento de CO₂, cambio climático.

ABSTRACT

The present work was developed in the town of La Quinoa, which has a rugged topography, with small plains, noting slopes with wild forests and reforested with *Polylepis* sp (*Polylepis racemosa* Ruiz & Pav and *Polylepis incana* Humboldt) on the right and left flank. The objective is to determine the carbon sequestration capacity (C) in the aerial biomass, necromass, and soil - subterranean and its CO₂ storage of the natural forest of *Polylepis* sp (*Polylepis racemosa* Ruiz & Pav and *Polylepis incana* Humboldt). The research was applied, descriptive - comparative, with a non-experimental design and cross section. The forest of *Polylepis* sp. (*Polylepis racemosa* Ruiz & Pav and *Polylepis incana* Humboldt) of about 766.55 was considered as the population, while the sample was taken from 43 plots (20 x 100 m) which was obtained through intentional random stratified sampling. Methodologies implemented by MINAM (2009) and Rognitz et al., (2009) were used as a procedure. The results found revealed carbon sequestered in the air of the very dense forest stratum was 70.82 tC/ha, 41.34 tC/ha in the dense forest stratum, and in the tree in the scattered forest stratum it was 9.51 tC/ha, making a total of 121.67 tC/ha in aerial biomass; 15.34 tC/ha in the underground biomass; 38.50 tC/ha biomass in the soil and 2.23 tC/ha necromass biomass (leaf litter). The total carbon sequestered in the aerial biomass, underground, soil and necromass (leaf litter) was 121.67 tC/ha in 766.55 ha, the carbon dioxide (CO₂) sequestered in the natural forest of the La Quinoa populated center was 652.31 tCO₂/ha. It was observed that the greater the diameter, the greater the biomass, thus, a higher C content was found and its capture of CO₂ is increased. It is concluded that estimating carbon depends heavily on DBH because C forms 50% of the estimated biomass, and its tendency becomes potential based on the fact that these trees reach maturity, reducing their ability to capture CO₂.

Keywords: Captured carbon, *Polylepis* sp. high Andean forest, CO₂ storage, climate change.

INTRODUCCION

SEÑOR PRESIDENTE DEL JURADO EVALUADOR:

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR:

Permítanme expresar mi gratitud por su atención al presente y poner a su consideración mi tesis intitulado Estimación de la captura de CO₂ en el bosque forestal de quinoa (*Polylepis* sp), para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de la Quinoa, Yanacancha, Pasco - 2020 con la finalidad de optar mi título profesional del ingeniero ambiental y contribuir en el cuidado y preservación del medio ambiente.

El Perú viene integrando el CMNUCC desde 1992, por lo que debe informar a sus integrantes remociones u emisiones de los GEI (Gases de Efecto Invernadero). Basado en esto el MINAM, como representante nacional del ambiente y temas de cambio climático viene generando Comunicaciones nacionales relacionado a inventarios Nacionales de GEI(INGEI), los cuales incorporan datos de remociones y emisiones proporcionadas por el sector USCUS. Hasta ahora, las comunicaciones estuvieron referidas a diversos reportes de factores de emisión por defecto figuradas y en función de las directrices establecidas por el Grupo Intergubernamental de expertos (1996) tratada sobre el Cambio climático (IPCC) los cuales emplean ecosistemas globales (MINAM, 2010).

Hoy en día el calentamiento global está relacionado a la presencia de los GEI (NO_x, CO₂, CH₄) en la atmosfera, principales provocadores del aumento en la temperatura. Buscando atinar soluciones, diversas conferencias globales se han llevado a cabo, tales como el protocolo de Kioto, donde se establecieron compromisos por parte de una gran numero sobre todo de países industrializados en buscar reducir las emisiones de estos GEI. Para ello, fueron implantados flexibilidades para que la mayoría pueda cumplirla y el cual fue denominado como proyecto Mecanismo de desarrollo limpio

(MDL). A través de este mecanismo, se busca incentivar a crear áreas forestales y agroforestales que logren capturar el C y secuestrar el CO₂, que por medio de estos beneficien el medio ambiente, reduciendo la presión en los bosques, regulando la temperatura y por ende el clima, calidad del agua, la biodiversidad y paisaje (Rosario Zanabria & José Eloy Cuellar, 2015).

El centro poblado de La Quinua es un área con peculiaridad de ser área vulnerable al cambio. Esto porque esta área pasó por ciertos eventos meteorológicos tales como heladas, lluvias intensas, sequías, contaminación de puquiales, principales ríos, puquiales, y deforestación de Quinuales los cuales fueron empleados como combustible (leña), ocasionando serios impactos negativos sobre los pobladores y los principales sectores económicos.

Basado en esta problemática usar los sistemas de tierra se tornaron una alternativa amigable que actúa como sumidero del C, ya que estos retienen y guardan CO₂, liberando posteriormente el O₂, contribuyendo así en la reducción del cambio climático. Esto conlleva a emplear recursos naturales de forma sostenible, logrando también el bienestar de sus comunidades. Además, la deforestación por la acción humana y el sobrepastoreo, que influye negativamente en la flora y fauna. Sin embargo, la actividad de reforestación trata de regenerar estas pérdidas en estos últimos años, es así que se tiene a la actualidad se tiene más de 6 hectáreas reforestadas con 5,000 plántones de quinuales (*Polylepis racemosa*).

El proyecto de Tesis “**Estimación de la captura de CO₂ en el bosque forestal de quinual (*Polylepis* sp), para mitigar el cambio climático en el Centro de Poblado de La Quinua, Yanacancha, Pasco - 2020**” determina que el bosque natural *Polylepis* sp (*Polylepis racemosa* Ruiz & Pav y *Polylepis incana* Humboldt), los cuales interpretan un rol primordial durante el ciclo de carbono, a través de su retención y absorción del

CO₂ atmosférico enormes cuantías. El proyecto busco estudiar las variables dependientes: i) Diámetro a la altura del pecho (DAP) e independiente: i) Captura de C y almacenamiento de CO₂. Para plantear una posible solución al problema, se empleó la ecuación alométrica realizadas en el Perú, principalmente en áreas rurales. Para esto, la biomasa, volumen verde, secuestro de C, y biomasa verde fueron computados. Asimismo, las ecuaciones fueron generadas empleando datos dimensionales (altura total, de pecho, de fuste y el diámetro) obtenidos del inventario forestal. Con estos resultados el proyecto explico lo esencial de emplear bosques naturales de *Polylepis* sp (*Polylepis racemosa* Ruiz & Pav y *Polylepis incana* Humboldt) en función de su gran capacidad de retener el CO₂. Los bosques cumplen el rol importante frente al cambio climático debido a que estos tienden a almacenar gran parte del CO₂ y a la vez son responsables entre los flujos de C entre la atmosfera y la tierra, mediante los procesos de respiración y síntesis. Esta información producida seria empleada para una correcta toma de decisiones para constituir nuevas políticas ambientales a través del financiamiento de programas o proyectos, relacionadas a la gestión forestal buscando regular acciones para recuperar, conservar e incrementar la parte forestal a nivel nacional, regional o local.

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
INDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	4
1.3.	Formulación del problema.....	5
1.3.1.	Problema general.....	5
1.3.2.	Problemas específicos	5
1.4.	Formulación de 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	8

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio	10
2.2	Bases teóricas - científicas.....	17
2.3	Definición de términos básicos.....	30
2.4	Formulación de hipótesis.....	34
2.4.1.	Hipótesis general	34
2.4.2.	Hipótesis específica.....	35
2.5	Identificación de Variables	35
2.6	Definición Operacional de variables e indicadores	35

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	36
3.2.	Nivel de investigación	36

3.3.	Métodos de investigación	36
3.4.	Diseño de investigación	36
3.5.	Población y muestra.....	37
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	44
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	46
3.9.	Tratamiento estadístico.....	50
3.10.	Orientación ética, filosófica y epistémica.....	50

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	52
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	54
4.3.	Prueba de hipótesis	75
4.4.	Discusión de resultados	78

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	19
Tabla 2	35
Tabla 3	55
Tabla 4	55
Tabla 5	56
Tabla 6	59
Tabla 7	61
Tabla 8	62
Tabla 9	65
Tabla 10	66
Tabla 11	67
Tabla 12	68
Tabla 13	69
Tabla 14	70
Tabla 15	71
Tabla 16	72
Tabla 17	73
Tabla 18	74
Tabla 19	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	27
Figura 2	28
Figura 3	39
Figura 4	40
Figura 5	41
Figura 6	42
Figura 7	43
Figura 8	43
Figura 9	56
Figura 10	57
Figura 11	58
Figura 12	58
Figura 13	60
Figura 14	61
Figura 15	65
Figura 16	66
Figura 17	68
Figura 18	69
Figura 19	71
Figura 20	72
Figura 21	73
Figura 22	74
Figura 23	76
Figura 24	77

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

A nivel mundial la incrementación de Gas de efecto invernadero (GEI), hace que la temperatura global del ambiente también incremente. Muchas entidades brindan ideas de como mitigar la emisión de los GEI, pero no todas resultan beneficiosas. El dióxido de carbono (CO_2), los clorofluorocarbonos (CFC's), metano (CH_4), monóxido de dinitrógeno (N_2O), y el ozono (O_3), son los principales GEI. De los cuales el CO_2 es el más importante generado a partir de las actividades antrópicas (Schlegel, 2001). La biomasa almacena los efectos del CO_2 a través de la fotosíntesis, y el suelo mediante la acumulación de materia orgánica; por lo tanto, el principal sumidero de carbono son las técnicas forestales y agroforestales (Montoya, Soto, & Nelson, 1995).

El CO_2 (dióxido o bióxido de carbono), es un gas emitido principalmente por actividades antrópicas relacionadas a la combustión de restos fósiles, y que su presencia induce al efecto invernadero.

En recientes años diversas instituciones tanto estatales como privadas (gobiernos regionales, alcaldías, empresas privadas) en ámbito nacional e

internacional empezaron a desarrollar iniciativas para cuantificar la cantidad de C existente en las diversas regiones y bosques hospedados en Perú. No en tanto, muchos de estos resultados fueron aislado o dispersos, ya que hasta ahora no se tiene nada comparado al proyecto ejecutado en la actualidad sobre el Inventario Nacional Forestal (INF). Entre ejemplo de buenas iniciativas podemos citar al caso de Madre de Dios, Cusco, y San Martín, quienes realizaron eventos coordinados para recopilar datos sobre el carbono e inventarios forestales, los cuales fueron traducidas en cantidades de carbono a nivel regional (MINAM 2014).

Los Polylepis (bosques) son una vasta vegetación natural constituida principalmente de diversas especies y establecidas en los andes centrales a alturas entre los 3500 – 5200 m. No en tanto, durante siglos basado en necesidades y actividades estos bosques y su diversidad de especies fueron destruidos, los cuales modificaron su composición de fauna y flora (Kessler, 2006).

Por los años 1890 se inició la explotación minera en “Chuquitambo” extrayendo oro por la Empresa “Negociaciones Mineras”, ya desaparecida. La Quinua era considerada como uno de los asentamientos mineros más importantes de ese entonces, pero también trajo consecuencias negativas al ambiente, como la contaminación de los principales ríos, puquiales y al Bosque de Quinuales ya que se talaron árboles para utilizarlos como combustible (leña) para fundir el metal. Hoy todavía observamos el relave de oro en el Barrio “San Francisco” en la Comunidad de La Quinua donde se lavaba dicho metal con la utilización del “azoje” o mercurio, los niños juegan con estos relaves elaborando cerámicas; de la misma manera, por efecto de las lluvias, éstos llegan a parar a los ríos de la

zona.

En 1996 la mina de Chuquitambo fue reabierto por la Empresa Minera Milpo para realizar exploraciones y ver si aún se encuentra el preciado metal construyendo una trocha carrozable que destruyó más de 10,000 árboles de “Quinual”, luego depositó desmontes mineros a la vía carrozable que sigue contaminando las aguas de Santiago. Esta empresa continúa operando en terrenos aledaños ocasionando principalmente la contaminación de los recursos hídricos de la zona, donde en épocas de invierno, las aguas trasladan estos residuos mineros quebrada abajo perjudicando los pastos, los caminos, los árboles, etc.

Hoy sigue este impacto sin que nadie haga nada por la mitigación de los recursos afectados y sin desarrollar el cierre de estos pasivos abandonados. Además, el campo deportivo ubicado en “Quinapon” donde se encuentran depositadas grandes cantidades de desmontes, convirtiéndose en otro pasivo ambiental abandonado y donde la empresa no quiere asumir ninguna responsabilidad para recuperarla.

El Bosque de Quinuales (nombre científico *Polylepis*), hoy se encuentra en peligro crítico de acuerdo al Decreto Supremo N° 043-2006-AG (publicado - 13 julio, 2006 en el Diario el Peruano), por estar amenazada por la Empresa Minera Volcan con su Proyecto Chuquitambo en el lugar denominado Santiago. Por otro lado, la Ordenanza Municipal N°008-2001-CM-MPP, de fecha 29 de mayo de 2001, declara zona intangible de interés y necesidad pública, local y nacional las 50 hectáreas de área natural protegida denominada “Santiago” Bosque Natural de “La Quinua”. Entre las causas principales para sufrir los efectos del calentamiento global es la tala indiscriminada y quema de bosques

sin ningún control, así como la contaminación de diversos recursos naturales en todo el planeta.

El bosque Polylepis en el Centro Poblado La Quinua, conocido como bosque alto andino viene capturando CO₂ hace muchos años, debido al reporte de algunos datos llevados a cabo previamente, los cuales serán tomados como base inicial para realizar el presente trabajo de investigación denominada “Estimación de la captura de CO₂ en el bosque forestal de Quinua (Polylepis sp), para mitigar el cambio climático en el centro depoblado La Quinua, Yanacancha, Pasco - 2020”.

El bosque como recurso natural es considerado como un activo ambiental que ofrece una amplia gama de servicios y bienes entre los cuales podríamos destacar a la industria maderera valorados directamente o aquellos que no tienen valor económico, pero si ofrecen servicios ambientales a través de la retención o captura de CO₂. Además, en el Perú el cambio climático en los últimos 25 años ha tomado una notable importancia, y durante este tiempo también fueron desarrollados algunas agentas políticas ambientales como respuesta a organismos internacionales, o compromisos o fondos firmados por entes que realizan desarrollo o investigación, u otras actividades que dejaron a flote este problema. Hoy en día, el cambio climático es agenda tomada en cuenta en prácticamente todos los sectores (local, regional o nacional) de un país o del mundo.

1.2. Delimitación de la investigación

El estudio se realizó en el centro poblado La Quinua, localizada en la parte alta de las cuencas (alrededor de los 3600 msnm) del río Huanca y Huallaga (Anexo IV: mapas n°04 y 05), a aproximadamente 30 min de la ciudad del

Cerro de Pasco (distrito de Yanacancha). Posee clima templado, campos en las laderas, extensa vegetación (pajonal, rodales, entre otros) y está rodeado de quebradas y montañas propio de la zona, siendo la “Queñoa” (denominación ganada por los antiguos pobladores), considerada como única formación boscosa nativa de esta región. Sus construcciones tienen materiales de paja (techos) y piedras con barro (las paredes) (Anexo IV: Mapas n° 01, 02 y 03)

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuánto es la captura de CO₂, en el bosque de la especie *Polylepis* sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua?

1.3.2. Problemas específicos

a) Problema específico 1

¿Cuánto es la captura de CO₂ en el bosque de las plantaciones de *Polylepis* sp, en el Centro Poblado de La Quinua?

b) Problema específico 2

¿Cuánto será la cantidad de CO₂ almacenado en el bosque de la especie *Polylepis* sp, en el Centro Poblado de La Quinua?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1 Objetivo general

Estimar la captura de CO₂, en el bosque de la especie *Polylepis* sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua.

1.4.2 Objetivos específicos

a) Objetivo específico 1

Estimar la captura de CO₂, en el bosque de la especie *Polylepis* sp, en el Centro Poblado de La Quinua.

b) Objetivo específico 2

Estimar la cantidad de CO₂ almacenado en el bosque de la especie *Polylepis* sp, en el Cetro Poblado de La Quinua.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

Las diversas actividades antrópicas realizadas por los humanos liberan varios GEI al medio ambiente, así, su presencia día a día es incrementada. Este incremento está potencialmente aumentando el calentamiento de la tierra. En paralelo, los ecosistemas intentan contrarrestar este efecto a través del almacenamiento del C atmosférico en el suelo y la biomasa. Basado en ello, está presente investigación objetivo conocer y estimar la distribución de carbono que está almacenado sobre el bosque trabajado. En función a ello nace la posibilidad que, en países en vía de desarrollo como el Perú, se empleen sistemas agroforestales o bosques que actúen como sumideros de Carbono con el intuito de obtener fondos financiados buscando reducir las emisiones liberadas.

Pero, para participar de estos proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio es necesario conocer la dinámica de flujo neto (cuantificación de la emisión-captura) que ocurre entre la atmosfera y los bosques. Así, este se torna en un reto que es necesario incorporar para saber la fijación del carbono, buscando viabilizar ingresos y una mejor gestión forestal que podrían actuar de manera efectiva en la mitigación del calentamiento global. Por ello, el actual estudio, representa un aporte de información descriptiva y básica para instituciones locales, regionales, nacionales, e incluso internacionales buscando visar una buena gestión, conservación, y evaluación de los recursos naturales que ayudara en la adecuada toma de decisiones siguientes basado en los diversos

factores involucrados sobre todo en bosques alto andinos.

Haciendo esto, se garantiza el uso sostenible de los bosques altoandinos, protegiéndolos y concientizando a la población, para que futuras deforestaciones sean evitadas.

Además, en presente trabajo llevado a cabo será empleado como información en el desarrollo de futuros trabajos relacionado a este recurso y enmarcará el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) primando reducir los efectos del calentamiento global.

1.5.2. Justificación práctica

La información proporcionada sobre la importancia de estos bosques altoandinos permitirá que gobiernos locales, se involucren cada vez más en tomar decisiones en temas de deforestación u arborización en dicha localidad u localidades, con el intuito de mermar la demanda de dióxido de carbono de un determinado área o país, beneficiando al planeta. En adición, la información reportada permitirá conservar áreas forestadas, reforestar o ampliarlas.

1.5.3. Justificación metodológica

La biomasa aérea usualmente es evaluada aplicando dos métodos: i) “método directo o destructivo”; ii) “método indirecto”. El método que usaremos es el indirecto, porque no se pretende interferir en la planta o degradarla.

- **Método directo**

Implica usar ecuaciones de regresión que relacionan el peso total (biomasa) y variables que sean fáciles de medir tales como la altura total, diámetro u otros, los cuales son encontrados en reportes de inventarios forestales (Calderón & Lozada, 2010).

No en tanto, este método trae desventajas como el de alto costo para su

uso, dificultad para extraer el componente del subsuelo, y muchas veces se destruyen una gran cantidad de ejemplares visando obtener resultados confiables (Alvarez, 2008). No en tanto, es considerado el más preciso para estimar la biomasa aérea (Calderón & Lozada, 2010).

- **Método indirecto**

El siguiente método es el que se usará para la investigación; el método indirecto incluye manejar ecuaciones o factores expansivos que viabilicen articular algunas dimensiones básicas encontradas en las plantaciones (diámetro y diámetro de copa, altura). Ya en inventarios forestales buscar características útiles como: densidad y/o volumen de la madera, de modo que no sea obligatorio medir estas últimas para conseguir la biomasa total del árbol (Torres, 2011). Estas ecuaciones tienden a ser procesadas por intermedio de una estrategia estadística denominada análisis de regresión y se aplica cuando los árboles poseen dimensiones bastante grandes como los naturales, los cuales son habituales (Schlegel, 2001).

1.6. Limitaciones de la investigación

La limitación para el presente estudio es que hay diversas hipótesis intentan explicar las determinantes que restringen el crecimiento arbóreo. Dos de estas hipótesis tienden a suponer el efecto de la T en el balance del C y de su crecimiento mismo.

Así mismo el protocolo que más impacto tuvo hasta la fecha, impone límites legales relacionados a los GEI para países industrializados (Anexo I del Protocolo). No en tanto, los límites establecidos difieren para cada país. Además, este protocolo impone reducir la emisión conjunta de los GEI en países industrializados a niveles por debajo del 5% relacionado a niveles reportados en

1990 (año base), y entre los períodos comprendidos de 2008 a 2012. Estas reducciones están implantadas principalmente a 6 GEIs los cuales son: CH₄, CO₂, NO, HFCs, PFCs, y SCl₆. Entre actividades del uso del suelo y silvicultura también fueron relacionados a la reforestación y deforestación que absorben o liberan CO₂, siendo estas también incluidas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

2.2.1. Antecedentes internacionales

- Domínguez (2016) realizó una investigación, estimó la captura de carbono que llevan a cabo los árboles presentes en parques ante las emisiones de CO₂, en Tijuana, por los vehículos automotores; se tomó diferentes escenarios de potencial captura de carbono que tiene los parques urbanos, con una estimación en CO₂ que se debió al almacenamiento en los árboles presentes por medio de una comparación del sector transporte.

La contraposición entre el consumo del CO₂ por el parque automotor y la captura del CO₂ por los árboles de parques, la población con la que se trabajó fue parques, una muestra representativa mediante un muestreo aleatorio estratificado, resultado en el cálculo de parques adecuados de estudios fueron 53; se consideró un muestreo de 54, el 69% de árboles son especies muy importantes con un muestreo de 30 cm de profundidad, teniendo una captura representativa de carbono.

Los resultados obtenidos fueron de la especie que sobresalió en el

Eucalyptus Globulus que tenía como 84,37 kg de CO₂, seguido de árbol el *Schinus* que concentraba un 21% y el 10 % de acumulación de carbono de *Terebinthifolius*, concluyendo que el CO₂ capturado por los parques muestreados, fue de 21,372 toneladas durante el 2015; las especies que más capturaron fue él y, en contraste, las que menos contaminan fueron la *Nerium oleander*, *Callistemon citrinus* y *Azadirachta indica*.

- Huanacuni (2012), reportó que mayores cantidades capturadas de carbono fue observado el eucalipto (1 399.86 t) mostro mayor biomasa aérea, seguido por el Pino (510.42 t) y el Ciprés (203.79 t) totalizando un total de 2 377.66 t de C empleando todo el bosque. Estos valores representaron el 2.12 t de C/ha/año para eucalipto, 4.21 para el Pino y 4.58 para el Ciprés. Se registraron capturas de dióxido de carbono (CO₂) total de para el eucalipto de 5 132.82 t, 1 871.53 t, 1 713.75 t para el eucalipto, Pino, y Ciprés, respectivamente.
- Medrano, Chupan y Vila (2012), manifestaron que el ecosistema de la totora (30.65 tC/Ha) (*Schoenoplectus californicus* Var. *Totora*) ofrece una mayor capacidad para almacenar carbono, seguido por el Juncos *articus* Var. *Andicola* (8.70 tC/ha), el Pajonal *Deyeuxia recta* Kunth (7.02 tC/Ha - biomasa aérea y 8.41 tC/Ha, biomasa – radicular), mientras menores proporciones los bofedales: *Plantago tubulosa* (0.81 tC/Ha, biomasa aérea y 1.88 tC/Ha, biomasa radicular), seguido por *Eleocharis albibracteata* (0.22 tC/Ha, biomasa aérea y 2.95 tC/Ha, biomasa radicular), *Limosella australis* (0.22 tC/Ha, biomasa aérea y 0.38 tC/Ha, biomasa radicular). El Carbono almacenado en suelos con mayores cantidades fueron encontrados en los pajonales con 774.76 tC/Ha y 684.58 tC/Ha en bofedales. Se concluyó que estas especies cumplen un rol importante en la captura y almacenamiento de CO₂, siendo estos desproporcionales.

- Ticona (2012), revelo fracciones de carbono para diferentes partes de plantas en lugares dispersos fueron en los tallos (0.52), hojas (0.49), y raíz (0.44). Asimismo, para lugares densos mostro para tallos (0.51), hojas (0.50), y raíz (0.43). La cantidad de carbono en lugar disperso mostro 4.04 tC/Ha, mientras en lugar denso 4.65 tC/Ha. Asimismo, el carbono capturado mostro valores de 14.82 t CO₂/ha y 17.06 t CO₂/Ha, para el lugar disperso y denso, respectivamente. En partes, el tallo mostro mayor capacidad de captura, seguido por la raíz, y ultimo la hoja. Por último, mostraron que los arbustos de Añahuaya del CIP Illpa capturaron aproximadamente 357.22 tCO₂/Ha en 22.41.
- Simbaña (2011), encontró cantidades de 365,46 Tn de C/Ha en biomasa aérea y captura de 1340,02 Tn de CO₂/Ha en un rodal con 35 años de edad. En contraste, un rodal de 5 años presento 22,35 Tn de C/ha y captura media de 81,95 Tn de CO₂/ha.
- Calderón y Lozada (2010), cuantificaron la biomasa y contenido de carbono en plantaciones forestales de *Polylepis incana* y *Polylepis reticulata*. El área de estudio comprendió siete plantaciones, donde se muestrearon 104 árboles para ambas especies: 56 para *P. incana* y 48 para *P. reticulata* entre 2 a 17 años de edad, en dos cuencas altas del río Guayllabmba y río Patate en Ecuador. Con una densidad de 1 000 ind / ha, se determinó la ecuación alométrica para cada especie, con R² de 0,978 y 0,987 respectivamente, y se calculó la biomasa total y cantidad de carbono almacenado (aéreo y subterráneo) por edad y sitio. Los resultados mostraron: 0.0879 tC / ha para 2 años, 0.281 tC / ha en 4 años, 10.89 tC / ha con 8 años y 20.55 tC / ha en los 17 años para *P. incana*. En el caso de *P. reticulata* los resultados fueron: 0,00869 tC / ha a los 2 años, 0,0592 a los 4 años y 9,18 tC / ha en 8 años.

- Mendizábal y Alba. (2009), cuantificaron el contenido de C presente en la biomasa aérea de *Cedrela odorata* L. pertenecientes a tres plantaciones en Veracruz, México. Además, fueron evaluados el diámetro a la altura (DAP) del pecho y la altura de las plantas. Usando estos datos fue computado la cantidad de carbono almacenado dentro la biomasa aérea. Fue realizado también análisis de varianza, mostrando 4,45Tn de C/ Ha, como C capturado.
- Rodríguez y Jiménez, (2009), estudiaron el bosque de Pino Encino localizado en la Reserva Biosfera del Cielo, Tamaulipas (México) y estimó alrededor de 219 Tn/Ha en la biomasa. En adición, fue estimado un total de 110 Tn/C/ha almacenada en las siguientes partes: un 75.3% en hojas, ramas y fuste, mientras el 15% en raíces.
- Palomino (2007), sustentó que la mayoría de las especies herbáceas tienden a contribuir de forma significativa para retener CO₂, con la Totora (*Schoenoplectus californicus* ocupando el primer lugar con captaciones de 73,7 Tn de CO₂/ha, y el segundo el junco (*Scirpus americanus* Pers) con 40.6 Tn de CO₂/ha.
- Vaquera (2007), tuvo el objetivo de analizar el potencial del *Pinus greggii* Engelm. Para ello evaluó la parte aérea de plantas de 6 años de edad y encontró aproximadamente 35,2 Tn/Ha, siendo relacionada a 5,8Tn/Ha/año como productividad neta. En relación al almacenamiento para estos años presentó un valor de 17,9 Tn de C/ha, mientras su contenido de carbono en su parte vegetal mostró un valor de 51%.

2.2.2. Antecedentes nacionales

- López (2015) realizó una investigación de estimación potencial de captura de carbono en tres depósitos de carbono siguientes: vegetación arbórea y no

arbórea; utilizando la metodología ICRAF para la disminución de gases de efecto invernadero en dos fundos, primero bosque primario; y de la vegetación no arbórea, segundo con actividad agrícola, donde se utilizó la metodología perteneciente al World Agroforestry Center (ICRAF).

- Fuentes y García (2013), evalúa el carbono en especies forestales *Myrcia* sp. “Rupiñay *Manilkara* sp. “Quinilla” y” del Centro de Producción (Investigación) Pabloyacu -Moyobamba”; con el método indirecto para la estimación. El carbono medido en el sector 1 para la especie *Myrcia* sp. mostró 8.15 tn/ha, mientras la especie *Manilkara* sp. 25.89 tn/ha; para el sector donde están las 2 especies *Manilkara* sp. mostró 25.21tn/ha, y *Myrcia* sp. reveló 5.57 tn/ha; el carbono capturado por las dos especies fue 16.48 tn/ha, siendo la especie *Manilkara* sp. “Quinilla” la que capturó mayor cantidad de carbono con un promedio de 26.05 tn/ha; de su comparación del DAP con el carbono capturado definieron que hubo una relación directa, es decir si uno aumenta el otro también.
- Morales (2015), evaluó las comunidades *Polylepis rugulosa* y la eficiencia para capturar CO₂ en la provincia de Tarata, Tacna; su área de estudio fue de 25 x 20 m. El método utilizado fue indirecto con las medias del DAP, altura y algunos cálculos. Dando como resultado que la especie de *Polylepis rugulosa* en un área 453 km². La capacidad de captación de CO₂ estuvo limitado a 31 387,6 tn de CO₂/ha/año y sus densidades poblacionales son variables. Hubo regeneración natural predominante para matízales constituido de 116 individuos (50,2 %), pero con reducida cantidad en 28 individuos adultos (12,2 %).
- Fluker y Sánchez (2016), buscando reducir la emisión de GEIs a través de la captura de C en el distrito de Molinopampa, Chachapoyas -Amazonas aplico un

sistema silvopastoril con aliso (*alnus acumuminata*). Aquí se aplicó en un área de 1.67 ha, usando 12 alisos con edad aproximada de 6 años a través del método destructivo. Se obtuvo 9.45 tn/ha para la biomasa aérea, mientras 0.01398 tn/ha y 0.00602 tn/ha, en pasto y hojarasca, respectivamente, mientras 3.95 tn/ha para biomasa vegetal. El modelo alométrico mostro 0.911 de coeficiente de determinación, indicando un 91.1% (DAP) de cantidad de carbono. Y por último, fue estimado 3.96 tn/ha de estimación de carbono.

- Sarca (2017), estima el stock de carbono (tnC) en el bosque de *Polylepis - Pichu Pichu - Arequipa* obteniendo también la valoración económica del servicio ecosistémico en cuestión y construye una ecuación alométrica para *Polylepis rugulosa*. Con en el manual para construir ecuaciones alométricas, se encontró que el modelo adecuado sea: $B = 0.16496 [A + D] 2.667785$, quien explicó una mejor relación biomasa del árbol vs variables dasométricas relacionadas. Además, fue estimado que el bosque contenía un stock de 140 485.436 tnC, con un valor económico para el servicio ecosistémico de alrededor 5 326 259.87 €. En función a lo previamente reportado, se concluyó la necesidad de poner en marcha programas y/o políticas de gestión y conservación sostenible para el bosque de Arequipa.

- Saldaña (2017), estima la captura de carbono en el bosque la Calerita (distrito Tumbán) - Chiclayo analizando el *Prosopis pallida*, buscando contribuir al desarrollo sustentable. Aquí se empleó 2 parcelas de 400 m², donde fue establecido el inventario forestal por intermedio de un monitoreo constante de 8 semanas. En este tiempo, fueron empleados guías de observaciones, que fue empleado para registrar diversas ocurrencias que sería la reducción en la cantidad de árboles y en consecuentela cantidad de CO₂ capturado en cada parcela. Aquí

fue empleado el método indirecto para medir la biomasa fresca. Concluyeron que la investigación aceptó la hipótesis que los resultados contribuyeron al desarrollo sustentable de Tumán, a través de la estimación y capacitaciones.

- Gamarra (2001), examinó la cantidad de carbono empleando plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill, Junín, partiendo de un inventariado de diámetros y alturas de árboles con datos adicionales de suelo, hojarasca, y maleza. El muestreo fue de tipo sistemático estratificado aplicando equidistancias en 200 m, con un total de 45 y 15 parcelas para el estrato I y II; empleando un 2% de intensidad. Los valores de biomasa fueron estimados empleando las ecuaciones de biomasa general. El carbono total estimado tuvo un rango de variabilidad de ± 15 tC / ha. Obtuvieron finalmente como resultado en biomasa arriba del suelo, el valor de 73,03 tC / ha; para biomasa abajo del suelo 21,64 tC / ha; hojarasca 4,99 tC / ha en suelos 37,39 tC / ha, finalmente se obtuvo la cantidad total promedio de 137,05 tC / ha.

2.2.3. Antecedentes locales

- La investigación de Calla (2017) consistía en la determinación de los impactos que genera la forestación de eucalipto en Huariaca; su metodología consistió en tomar dos hectáreas para evaluar una con forestación de eucalipto y la otra con una distancia de 50 metros, fue de pasturas para su comparación se partió cada una de estas hectáreas en 5 parcelas y de cada una de ellas se tomó las muestras de 40 cm por 40 cm con una profundidad de 30 cm, para que posteriormente sean llevadas a analizar al laboratorio de suelos; entre sus resultados, se tuvo que muchos de los parámetros que se evaluaron sí presentaban impactos negativos para el suelo de forestación en eucalipto, con excepción con el parámetro de la densidad aparente que si hubo diferencia

significativa.

En cuanto al eucalipto su pH presenta acidez, aunque de acuerdo con la región los suelos son ácidos; finalmente se llegó a la conclusión de que el eucalipto es un árbol que por ser una especie extranjera aporta mucho a la pérdida de suelos en sus propiedades físicas así mismo compite por el consumo de agua con otras especies endémicas, las cuales son afectadas y mueren.

2.2 Bases teóricas - científicas

2.2.1. Los bosques de Polylepis

Estos bosques son únicos hábitats encontrados en los Andes peruanos y que albergan una enorme cantidad de biodiversidad, muchos de estos amenazados o en extinción. En estos bosques fueron registrados alrededor de más de 150 especies las cuales usan este lugar como refugio o fuente de alimento, muchas de estas relacionadas a la especie Polylepis (Urquiaga 2012) en particular.

Desde un punto etnobotánico, alrededor de 50% de las diversas especies de plantas herbáceas albergadas en este lugar son empleadas como medicinas tradicionales por las comunidades aledañas. Además, estas plantas ayudan en la reducción de la erosión del suelo, elaborando O₂ y reteniendo los nutrientes. En las estaciones secas, el agua gradualmente es descargado, pero como los bosques Polylepis, se encuentran en la cordillera, cercano a los nevados que en conjunto forman una importante asociación para captar agua destinados básicamente a actividades de agricultura realizadas en la parte baja del valle. A estos servicios ambientales ofrecidos, se le adiciona los bosques que también actúan como almacenes de carbono, haciendo esta tarea una razón más para buscar mantener su conservación (Urquiaga 2012).

Además, el autor declara que estos bosques conformados por arboles poseen una enorme habilidad de adaptarse al frío alto andino, mediante su corteza que está formando un paquete bordeando el tronco el cual actúa como aislante térmico que lo protege de fuertes heladas.

Asimismo, los queñoales usualmente se presentan en pequeños fragmentos de grupos, donde estas especies tienden a dominar o se sienten exclusivos, sin considerar las plantas que habitan áreas montañosas y húmedas (Kessler, citado por Urquiaga 2012). Según un último reporte este género fue reportado en 28 especies conformado por arbustos y pequeños arboles (Kessler 2006).

De acuerdo a INRENA, y Urquiaga (2012), los Polylepis se encuentran categorizados como bosques homogéneos y productivos (Cuadro n° 01), donde esta especie es la predominante. Años anteriores fue reportado con mayores extensiones comparado a lo actual, siendo que en Perú se llegó a tener alrededor de 55 000 Km². La cifra reducida obedece al uso sin mesura de servicios y bienes que aportaron esta especie en épocas ancestrales. Hoy en día, fue estimado que persisten un aproximado de 700 a 1 200 Km² (Fjeldsa, citado por Urquiaga 2012). Esta reducida extensión muestra las diversas implicaciones que no fueron conservadas, designándola como un ecosistema frágil y vulnerable a actividades antrópicas, haciendo un llamado urgente para implantar estrategias de conservación (Urquiaga 2012).

Mansilla (s.f.), indica que los bosques de Polylepis son caracterizados por tener sistemas biológicos con elevados niveles de endemismo, haciéndolo de gran interés sistemático, ecológico, y biogeográfico. Además, es considerado un área poco estudiada debido a la carencia de datos relacionado a la captura de

carbono. En adición este mismo autor, menciona que estos bosques tienen la habilidad de secuestrar CO₂ y almacenar el carbono en la biomasa viva (árboles), pues este género posee cierta habilidad de asimilar al carbono fácilmente, incluso con estrés acuático y reducidas temperaturas propios de su hábitat.

Por este motivo, Mansilla (s.f.), sugiere la necesidad de proteger e incrementar la cobertura forestal de esta especie, y que esto permita purificar el aire, cuidar los suelos de erosión, proteger la biodiversidad existente, y regular la humedad, todo para generar un ambiente posible para que la población tenga opciones de emplear los diversos productos para mejorar su economía en parte. Es conocido que hay escasos estudios sobre la biomasa de estos árboles, ni en su función ecológica, ni en su valor económico relacionado al secuestro de carbono.

Tabla 1

Riqueza de especies del género Polylepis, en los departamentos de Perú

Departamento	Número de registradas especies	Departamento	Número de registradas especies
Ayacucho	8	Arequipa	3
Ancash	6	Cajamarca	3
Cusco	10	Puno	4
Apurímac	5	Huánuco	2
Junín	6	La Libertad	3
Lima	6	Tacna	3
Arequipa	3	Lambayeque	2

Puno	4	Huancavelica	2
Apurímac	5		
Cajamarca	3	Moquegua	2
La Libertad	3	Pasco	2
Tacna	3	San Martín	2
Huánuco	2	Amazonas	1
Huancavelica	2	Piura	1

2.2.2. Los bosques y el Cambio climático

El rol que cumplen los árboles frente al cambio climático es esencial, basado a que estos actúan como almacenadores más destacados del mundo por ser responsable de gran parte de los flujos de carbono entre la atmosfera y la tierra, mediante reacciones de respiración y síntesis.

Alrededor del 90% de biomasa retenida en la superficie terrestre en encontrada en bosques de forma de hojas, ramas, materia orgánica, raíces, y fustes (Tipper 1998, citado por Urquiaga 2012). Estos están dentro de las especies que poseen la habilidad de almacenar mayores cantidades de carbono entre su vegetación y suelos ya que activamente intercambian el CO₂ entre la atmosfera y biosfera (Urquiaga 2012).

Entre los años 80s, fueron analizados y corroborados que las provisiones de C dentro de bosques pertenecientes a países boreales y templados actuaban como sumideros netos de C atmosférico reteniendo alrededor de 0.7 Pg año⁻¹, mientras los trópicos actuaban como foco de emisión netas de aproximadamente

1,6 Pg año-1 (Brown, citado por Álvarez 2008).

Basado en eso, el secuestro de carbono es realizado por medio de 2 enfoques: i) a través de áreas protegidas, donde persisten ecosistemas boscosos que logran fijar el C de manera constante, siendo estos clasificados como intangibles, y ii) a través de manipular ecosistemas, realizando actividades de restauración, reforestación, o llevar a cabo plantaciones forestales que viabilicen la habilidad de almacenaje (USDOE 199, Citado por Urquiaga 2012).

Almacenar C en árboles, es conocido como un servicio ambiental valorizado en que especies arbóreas son incorporados sobre sistemas agroforestales, sumándose y proporcionando beneficios a las comunidades y sus productores de emplear estos sistemas, buscando mejorar el sistema hídrico relacionándolo al incremento del bosque y pastizales.

Este incremento será observado durante el nivel de fijación de C a través de “carbono” o “bonos verdes” o equivalentes de impuestos (IPPC, citado por De Petre et al. s.f.). Empleando el Mecanismo de Desarrollo Limpio, establecido por el Protocolo de Kyoto, únicamente son considerados inversiones relacionados a proyectos de forestación, no en tanto, este no resta validez a investigaciones llevadas a cabo dentro de bosques nativos. Esto porque la información obtenida en clave de revele información de indicadores locales y especies nativas que ayuden a entender mejor el flujo de carbono en ecosistemas forestales, buscando visar futuros compromisos que mermen el CO₂ atmosférico (De Petre et al. s.f.).

Aider (2015), indica que los bosques son claves en la contribución para mitigar y adaptar el ambiente al cambio climático. En Perú, fue desarrollado propuestas que puedan aportar en mermer el cambio climático, por intermedio de

proyectos conocidos como “Proyectos de carbono forestal”, donde son involucradas diversas especies forestales con capacidad de almacenar y/o secuestrar el C de forma complementaria a otras actividades:

- Gestión forestal de materia no maderables y maderable.
- Salvaguarda de bosques en ANP bajo administración privada, local, regional, y nacional.
- Reforestación primando recuperar suelos y/o generar madera.
- Forestación buscando generar madera.

Precisamente una de las maneras para contribuir en reducir los efectos producidos por el cambio climático buscando mantener retenido el carbono presente en el bosque primario encontrado en el periodo de compromiso que se gana produciendo bonos de carbono basado al servicio ecosistémico producido. Si estos proyectos logran mitigar mudanzas climáticas y producir co-beneficios sociales, ambientales, y económicos para comunidades aledañas y poblaciones se tornan en proyectos sostenibles de base sólida, de conservación, de desarrollo humano. Todos estos pasan por procesos de pre-factibilidad, estudio de validación, para posteriormente ser implementados visando alcanzar la emisión de bonos de carbono (Aider, 2015).

Similarmente, Gayoso et al. (2001), señalaron que los proyectos forestales son considerados como mitigadores en el contenido de C, y están agrupados en 3 formas: i) Proyectos para conservar el C, ii) Proyectos para capturar C y, iii) Proyectos para substituir

C. Los proyectos relacionados a la conservación de C están direccionados a controlar las tasas de deforestación; el cual es atingido cuando se protege los bosques, gestionándolos mejor, y controlando los incendios. En tanto, proyectos

relacionados a la captura de C, están direccionados a llevar a cabo más plantaciones empleando la reforestación y forestación, o enriqueciendo los bosques naturales y gestión de sus productos. Mientras aquellos proyectos para sustituir C están ligados a la energía, visando optar por plantaciones que pueden proveer de bioenergía, los cuales podrían ser empleados para reemplazar combustibles fósiles, empleando Al o cemento entre otros que empleen más energía durante su elaboración.

2.2.3. Cambio climático en el Perú

El Perú es considerado un país elevadamente vulnerable como consecuencia de factores exacerbados de su estructura relacionados a inequidad y pobreza. Estos se adicionan a factores que condicionan la vulnerabilidad que dan importancia a los ecosistemas globales, como, por ejemplo: Los Andes y Amazonia. Asimismo, el Perú posee ecosistemas vulnerables hacia el cambio climático, debido a tener 9 características identificadas en la CMNUCC (Convención marco naciones unidas acerca el cambio climático): Zonas semiáridas – áridas, áreas costeras bajas, áreas expuestas a sequias, inundaciones, y desertificación, presencia de áreas propensas desastres, ecosistemas frágiles de montañas, áreas con elevada presencia de contaminantes urbanos, empleo de combustibles fósiles, economía dependiente en ingresos producidos en la producción.

Entre los efectos negativos se puede mencionar a los retrocesos en acceso a recursos hídricos y reducción de glaciares, todos estos ligados a eventos extremos como observados en el fenómeno del Niño, a través de los patrones históricos relacionados a la precipitación pluvial y en las mudanzas inusuales temperaturas presentadas en el mar y territorio (MINAN, 2015).

2.2.4. Los efectos del cambio climático en el Perú

Aquí en Perú, Martín Bonshoms Calvelo, representante y meteorólogo del SENAMHI, declaro que los GEIs, generados por el cambio climático, tienen fuerte influencia sobre la medición de las precipitaciones ocurridas en Lima, diciendo que “La elevada T del mar, específicamente en el Océano Pacífico, apoya elevando la T del planeta, haciendo que se incrementen las precipitaciones más en áreas costeras. Un ejemplo importante a mencionar ocurrió con el Fenómeno del Niño ocurrido el 2016.”

2.2.5. Efecto invernadero

El efecto invernadero, fenómeno natural que sucede cuando la superficie de la Tierra tiende a absorber calor en forma de radiación sin dejarla salir, como consecuencia de esto, un incremento de la T en la tierra tiende a ocurrir. Estos GEIs son más eficientes absorbiendo o reteniendo calor, siendo el CO₂ uno de estos, que es liberado como consecuencia de diversas actividades antrópicas los cuales hicieron que sus niveles alcancen altos valores, algo nunca visto, y que está provocando que la superficie de la tierra se caliente aún más (Houghton y Woodwell, 1989; Centeno, 1992; citado por Cubero y Rojas, 1999).

2.2.6. Captura de carbono

Es un proceso originado durante la fotosíntesis, donde el CO₂ presente en el agua y atmósfera y el agua, empiezan a reaccionar, formando carbohidratos y oxígeno que es liberado hacia la atmósfera.

Por intermedio de este proceso, los vegetales asimilan el CO₂ atmosférico, produciendo carbohidratos y ganando volumen. Basado en esto, fue aclarado que los bosques son aquellos que logran capturar y conservar más carbono comparado a otros ecosistemas. También este participa en

aproximadamente 90% del flujo de C anual en ambos la superficie terrestre y atmosfera. La fijación de C es un proceso continuo que ocurre en cualquier sistema, pero que se ve interrumpido en áreas con signos de degradación o ya degradadas. Este C fijado puede ser cuantificado en cualquier sistema de tierra son trabajados por los agricultores. Entre estos se encuentran los bosques primarios, plantaciones perennes, o áreas que son incendiados para cultivos. Entre los bosques secundarios, con diferentes edades, barbechos, pasturas, sistemas pastoriles y agroforestales. Entonces, el C secuestrado puede ser medido en cualquiera de estos sistemas (ICRAF, 2003).

2.2.7. Mercado de carbono

Es un sistema de comercio, donde las empresas, el gobierno o tienen la potestad de comprar y/o vender la reducción de los GEI.

Durante la COP3 (1997) de CMNUCCC adoptaron el Protocolo de Kioto, lugar donde el mercado del carbono estableció ciertos objetivos medibles para reducir las emisiones sobre todo en los países desarrollados. El fin es reducir las emisiones netas globales.

Hay 2 formas de mercado de C:

“El mercado regulado”:

- Aquí el precio es calculado en relación a los compromisos que fueron asumidos por los países y abonos son tomados como si fueran commodities, visando la no diferencia entre los precios.
- la compra es motivada en función de cumplir los compromisos detallados en el Protocolo de Kioto.
- “El mercado voluntario”:

Los créditos relacionados al C son cambiantes entre los unos y otros,

siendo dependientes de sus atributos sociales y ambientales.

2.2.8. Especie *Polylepis*

Características vegetativas *P. incana*

Árbol 5-14 m de alto; ritidoma de los troncos rojizo. Posee vaina estipular y exteriorligeramente con brillo o glabrescente en dirección al ápice. Tienen glándulas con tricomasque expulsan resinas. Sus hojas se tienden a agrupar en el extremo de cada rama, con pecíolo 0.4-1 cm.

El tamaño de sus hojas varía de 1.9-6.4 x 1.4-3.9 cm, que tiene usualmente un par de folios (a veces muestran un segundo folio). También presenta raquis de forma espiralados con tricomas que se mezclan a tricomas glandulares. Muestra un punto de unión para foliolos que tengan pequeñas tricomas fasciculados u ovalados (0.5)-1.2- 4.0 x0.4-1.4 cm. Su base es atenuada, emarginado, obtuso, crenado, haz glabro, y envés mostrando en los tricomas pequeños retorcidos que logran secretar resina. Su racimo midealrededor de 2-7 cm de largo, presentando entre 3-10 flores; de 3 mm de bráctea floral, y presenta ligeramente piloso.

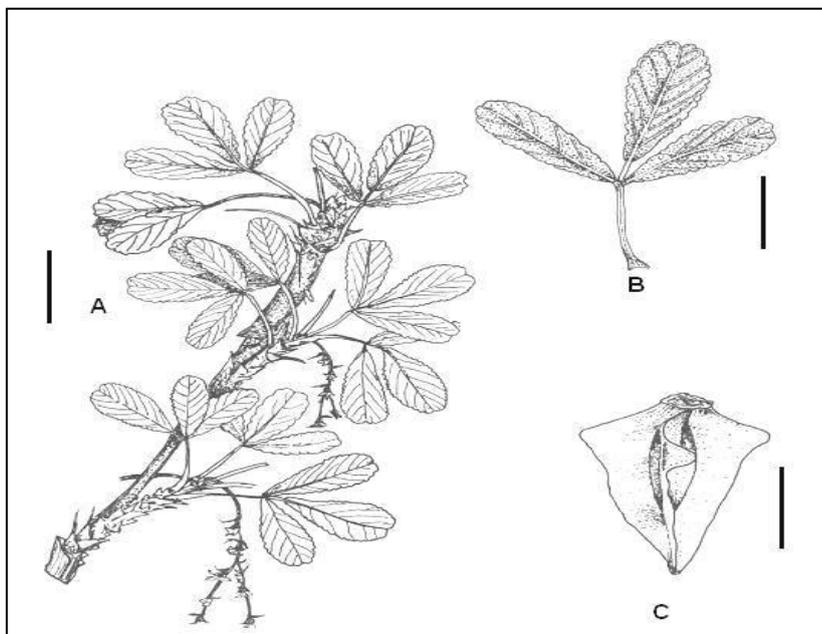
El diámetro de su flor esta entre 0.3-0.7; sépalos 3(4) de forma ovados, estambres alrededor de 8-24.que incluye protuberancias, fusiforme, de manera irregular surcado con alas puntiagudas (Figura 1).

Distribución:

Esta especie se encuentra distribuida desde los 3000-4200 m de altitud. Es precisoindicar que esta especie ha sido ampliamente reforestada en los andes de Perú, se ha registrado una población que ha sido reforestada a los 1800 m, en los departamentos de Cusco, Ancash, Huancavelica, Apurímac, Junín, Lima, Ayacucho, Huánuco, Pasco y Puno.

Figura 1

Polylepis incana Humboldt, Bonpland & Kunth



Fuente: Dibujado según Mendoza 996 (USM).

A) Rama; B) Envés de los Foliolos; y C) Fruto. Dibujado de Mendoza 996 (USM). Escalas: A) 2 cm, B) 1 cm, C) 4 mm.

Especie que se encuentra entre Huánuco y Pasco, 3352 m, Skutch 4968 (NA); de Pasco a Ambo-Quihual, 4000 m, Seibert 2202 (NA); Chicrin, 3500 m, Shawada P83 (F); Pariamarca, 3720 m, Oner 106 (USM); A 11 km de Cerro de Pasco, localidad de La Quinoa en el distrito de Yanacancha, 3600-3800 m, Mendoza 3500 (USM, CUZ, HUSA).

Características vegetativas *P. racemosa*

Árbol de 3-15 m de alto; color de marrón- rojizo de los ritidomas. Vaina estipular con la superficie exterior ligeramente lanoso con algunos tricomas glandulares, ápice de la superficie interior con largos tricomas. Hojas agrupadas presentada al extremo de cada ramas; pecíolo 0.5-2.5 cm de largo, lanoso; hojas 3.5-8.8 x 2.3-6.8 cm, con 1 a 3 parcitos de foliolos, raquis densamente lanoso o viloso mezclado con tricomas glandulares, uniéndose estos foliolos a un mechón de largos tricomas blancos; foliolos elípticos, ovados ligeramente oblongos, 1.9-

4.9 x 0.7-1.8 cm, base desigualmente atenuado, redondeado o cordado, ápice agudo, obtuso o ligeramente emarginado, margen aserrado, envés cubierto con largos pelos blancos o marrones entretejidos, haz liso a ligeramente rugoso, verde oscuro, glabro a ligeramente hispido a lanoso principalmente a lo largo de la vena media. Racimo simple, 3.5-15 cm de largo, 3-18 flores; bráctea floral lanceolada, 2-10 mm de largo, ligeramente lanoso.

Flor 0.5-1.1 cm de diámetro; hipantio lanoso, con prolongaciones pequeñas a manera de aletas; sépalos 3-4 ovados, interior viloso con algunos tricomas glandulares cerca al ápice, de exterior pilosa mezclado con tricomas glandulares cerca al ápice; antera 1-2 mm de largo, lanoso; estilo 2-4 mm de largo, con un mechón de pelos largos blancos en la base. Hipantio en fruto 0.2-0.9 x 0.2-0.9 cm que tiene turbinado y protuberancias, lanoso mezclado con tricomas glandulares, 2-5 proyecciones planas como aletas rojizas (Figura n° 02).

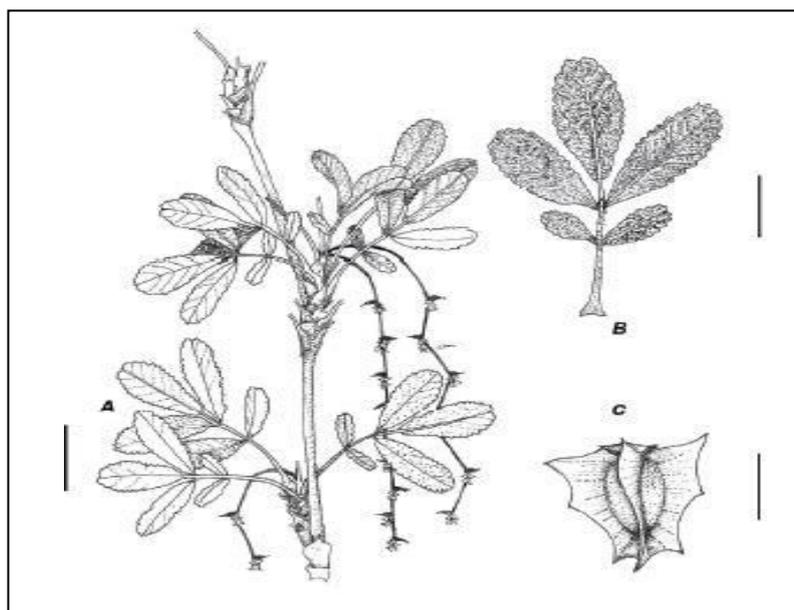
Distribución:

Distribuido entre los 2900-4000 m de altitud, principalmente en La Libertad, Ancash, Apurímac, Lima, Ayacucho, Huánuco, Cajamarca, Junín, Cusco, y Pasco, esta especie es endémica para el Perú. No en tanto, fue ingresada al Ecuador, siendo esta la más empleada en 'programas de reforestación en todos los Andes de Perú, poblaciones silvestres (no reforestados) se encuentran muy fragmentadas, como es el caso de las poblaciones que están en Pasco y Cajamarca. Se encuentra protegido dentro del Parque Nacional de Huascarán.

La especie encontramos en Pasco: Prov. Pasco, cerca de Pasco, 3650 m, Kanehira 5 (F); La Quinoa, 3540 m, Rivas et al. S/N (USM).

Figura 2

Polylepis racemosa Ruiz & Pav.



Fuente: Dibujado según Mendoza 996 (USM).

A) Rama;

B) Envés de los Foliolos; y

C) Fruto. Dibujado de Mendoza 996 (USM). Escalas: A) 2 cm, B) 1 cm, C) 4 mm.

2.2.9. Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos

Ley N° 30215: “Promueve, supervisa y regula mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos que derivaron de compromisos de manera voluntaria que permitan establecer acciones mitigantes, de conservación, y recuperación, logrando la sostenibilidad y permanencia de los ecosistemas”. Promulgada el 2014 (29 junio).

Estos mecanismos son instrumentos, esquemas, incentivos, u herramientas que viabilizan la canalización, e permita inversión y transferencia de recursos económicos, ambos no financieros y financieros. Basado en esto, se logra pactar acuerdos entre contribuyentes y retribuyentes pertenecientes al servicio ecosistémico, visando conservar, recuperar de manera sostenible las fuentes de estos servicios.

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1. Biomasa:

Peso obtenido de la M.O., cuantificada por debajo o encima del suelo.

Rodal(es): dentro del bosque geográfico y continuo, es la unidad básica que posee características homogéneas de edad, densidad, cobertura, especie, la pendiente, tipode suelo presente, volumen y estructura.

2.3.2. Ciclo del Carbono:

Elemento químico representativo de los compuestos orgánicos es el carbono. Este elemento circula en la atmosfera, por los océanos, el subsuelo, y subsuelo por medio de ciclos. Así, son conocidos como reservorios o depósitos esteelemento, el cual pasa de un reservorio hacia otro a través de procesos biológicos, físicos, o químicos (ICRAF 2009).

2.3.3. Carbono fijado:

Habla sobre el fijo del C que pasa de la tierra a la atmosfera y viceversa, como producto de recuperar áreas antes deforestadas, y pueden comprender desde bosques secundarios, pastizales, hasta alcanzar un bosque clímax. Por lo tanto, es calculado en relación del incremento de la biomasa que es transformada a carbono.

2.3.4. Métodos de medición de carbono:

Para evaluar la biomasa aérea es posible aplicar 2 métodos: El primero “método directo o destructivo” y el segundo “método indirecto”. El método que usaremos es el indirecto, porque no se pretende interferir en la planta o degradarla.

2.3.5. Método Directo o destructivo:

Aquí son relacionados a través de funciones matemáticas o una ecuación

de regresión el peso total seco (biomasa) vs variables fácilmente mensurables tales como: altura total o diámetros, las cuales son registradas a través de inventarios forestales (Calderón & Lozada, 2010).

Entre sus desventajas se encuentran el alto costo de aplicarlo, se torna dificultoso la extracción del componente subterráneo y tiene que destruirse una cuantía de ejemplares de la especie evaluada para conseguir mejores resultados (Álvarez, 2008). No en tanto, es el más preciso para ser estimado la biomasa aérea (Calderón & Lozada, 2010).

2.3.6. Método indirecto:

El siguiente método es el que se usará para la investigación. Aquí, son manejados factores de expansión u ecuaciones que viabilicen articular algunas dimensiones básicas encontradas de las plantaciones (diámetro de copa, diámetro mismo, y altura) e inventarios forestales que posean características de utilidad, tales como la densidad y volumen, que permita la no obligatoriedad de medición para cuantificar la biomasa total del árbol (Torres, 2011). Estas ecuaciones son obtenidas a través de la aplicación de métodos de regresión y es aplicada cuando los árboles presentan dimensiones con característica de estrecho grande, algo normal en bosques naturales (Schlegel, 2001).

2.3.7. Deforestación:

Se refiere a talar o eliminar árboles del bosque permanentemente para ser realizado otra actividad no forestal. Si después de la cosecha, este es reforestado con fines forestales, este no es denominado deforestación.

2.3.8. Plantación:

Áreas forestales que no poseen elementos esenciales y primordiales características para ecosistemas naturales, y es respuesta a plantaciones o

tratamientos aplicados de silvicultura.

2.3.9. Productos forestales no-maderables:

Se refiere a cualquier producto, pero sin incluir a la madera. Usualmente son materiales obtenidos de los árboles, como, por ejemplo, las hojas, resina, u otro producto proveniente de animales.

2.3.10. Reforestación:

Se refiere a repoblar alguna tierra forestal con árboles. Actúa como Sumidero de carbono y que elimina CO₂ presente en la atmósfera. Esta eliminación y emisión por parte de los ecosistemas en relación al carbono por diversas actividades como la forestación, deforestación o reforestación están consignados dentro del Artículo 3.3, Protocolo de Kyoto (Mogas y Riera. 2004).

2.3.11. Los sistemas agroforestales:

Relacionado a la gestión y uso de recursos naturales donde pueden asociarse animales, cultivos agrícolas y especies forestales simultáneamente o secuencial en su misma área o temporalmente. Entre los beneficios reportados por esta asociación están: incremento de la productividad animal y vegetal, reducir el intenso uso de la tierra, diversificar la producción, conseguir mayores de cantidades maderables (leña), mitigar la escorrentía, erosión y agua efecto de las precipitaciones. Además, las pasturas también apoyan almacenando carbono. Si los pastizales actúan como fuente emisora, este comportamiento es atribuido a una práctica de manejo incorrecto (Arias 2001),

2.3.12. Cambio climático:

Basado al IPCC es cualquier mudanza del clima en un tiempo largo, como respuesta de la variabilidad natural o como producto de las actividades antrópicas. Esta definición difiere a la establecida en la Convención sobre el

Cambio Climático, donde lo conceptualizan como una mudanza del clima indirecta o directamente relacionado a actividades antrópicas que logran alterar la composición atmosférica de todo el mundo, quien también se une es la variabilidad del clima naturalmente notado en períodos de tiempo comparables.

2.3.13. Mapa base:

Es una imagen sintética que representa el territorio, que visa mostrar la referencia geográfica del mapa temático. Este proporciona información espacial basado a la referencia del contenido temático (Quispe, 2002).

2.3.14. Sistema de Información Geográfica:

SIG o GIS (en inglés) consiste en la integración del software - hardware, con datos geográficos de forma ordenado y que sirven para diseñar, capturar, manipular, almacenar, desplegar y analizar todas las informaciones de diferentes maneras en función a su referencia geográfica.

2.3.15. Huella de Carbono:

Se refiere a cuantificar las emisiones de los GEIs presentes en la atmosfera como consecuencia a actividades económicas y humanas. La Huella decarbono permite:

- Determinar cuantitativamente el efecto de las actividades humanas sobre el cambio climático.
- Encontrar formas y opciones más correctas para neutralizar o mitigar las emisiones, relacionada a la misma actividad u otra que produzca capturas con mitigaciones similares.

2.3.16. Cálculo de la Huella de Carbono:

Se refiere a contar y estimar los GEI liberados por actividades donde se realizó algún evento, durante la producción de servicios y/o bienes o diversas

actividades llevadas a cabo por una entidad o persona. Este proceso nos dice que:

- Identificar fuentes de emisión de GEI y aquellos que proporcionen esta información.
- Analizar la información obtenida a través del control de calidad.
- Estimar los GEI
- Hacer un reporte sobre la huella de carbono.

2.3.17. Verificación de la Huella de Carbono:

- Aquí es verificado el proceso e información recopilada con exactitud y conformidad del cálculo reportado de la huella, usando metodologías correctas y de principios objetivos.
- Se intenta que los datos proporcionados no presenten omisiones, errores, o distorsiones que puedan afectar el correcto cálculo de las emisiones notificadas.

2.3.18. Neutralización de la Huella de Carbono

- Analizando resultados proporcionados de la huella de carbono, la entidad posee la posibilidad para dictaminar medidas que visen neutralizar o reducir sus emisiones.
- El total de huella es compensado a la cantidad de bonos de carbono producidos contemplados en los proyectos de reducción o captura de las emisiones de GEI.

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

En el bosque de la especie *Polylepis* sp, la captura significativa de dióxido de carbono (CO₂) es para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua.

2.4.2. Hipótesis específica

En el bosque de la especie *Polylepis* sp, la acumulación significativa de dióxido de carbono (CO₂) es para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua.

2.5 Identificación de Variables

2.5.1. Variable dependiente

CO₂ en el bosque forestal de quinal (*Polylepis* sp):

- Diámetro a la altura del pecho (DAP)
- Diámetro a la altura del pecho en los árboles en pie, normalmente se mide a 1.3 m sobre el nivel del suelo.

2.5.2. Variable independiente

Mitigar el cambio climático:

- Captura de C y almacenamiento de CO₂

2.6 Definición Operacional de variables e indicadores

En la tabla 2 se presenta la descripción de la variable dependiente y las variables independientes:

Tabla 2
Operación de variable e indicadores

Variable	Dimensión	Indicadores	Escala	Método instrumento
CO ₂ en el bosque forestal de quinal (<i>Polylepis</i> 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 y almacenamiento de C ₂ en plantaciones forestales de <i>Polylepis</i> sp., para mitigar el cambio climático	Captura de C Almacenamiento CO ₂	- Matéria seca por árbol - Carbono capturado por cada árbol - Almacenamiento de CO ₂ estimadas por parcela.	Kg. Kg. Kg	- Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa, Chave, y otros (2005) - Cálculo de Carbono Capturado en la Biomasa (Saldaña, 2017) - Cálculo del Dióxido de Carbono (CO ₂) almacenado (Saldaña,2017)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

En función a la clasificación científica y su nivel, el presente trabajo es no experimental; porque su objetivo es analizar un problema o tema de investigación poco investigado o que no lo abordaron antes. Es decir, es una investigación de tipono experimental porque no se modificó ninguna variable y fue en un solo tiempo.

3.2. Nivel de investigación

Por su naturaleza el trabajo es de nivel básico.

3.3. Métodos de investigación

El diseño del presente trabajo de investigación es no experimental, de nivel descriptivo; debido a que, tiene como fin estimar el nivel de captura de CO₂ del eucalipto (*Eucalyptus globulus*), ciprés (*Cupressus macrocarpa*) y pino (*Pinus radiata*); 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 diseño de investigación fue correlacional porque se buscó analizar una

variable dependiente y varias variables independientes, como es que la cantidad de CO₂ depende del DAP, biomasa, cantidad de carbono, y fue descriptivo porque se describió las diferencias de las características del fuste de cada plantación.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población está conformada por todos los individuos que son parte del ecosistema del bosque natural de Polylepis que se encuentran en la superficie de 771.70 Ha.

3.5.2. Muestra

El muestreo fue sistemático, debido a que el área es recubierta en una forma regular o proporcional (MINAM, 2009). Se realizó mediante el método de fajas, donde se ubicó parcelas rectangulares de 20 m x 100 m (2000 m²) y se definieron muestras por el método directo.

Se realizó una estratificación del bosque en base a mapas temáticos de la zona a la hoja 22 k de la Carta nacional (IGN 2005). Para esto se utilizó el programa ArcGis 10.5, en la que a través de un modelo vectorial TIN y un DEM se generó pendientes; para lo cual desde ArcMap se cargó el archivo curvas.shp de la hoja 22 k, se comprobó en la tabla de atributos el campo correspondiente a la altitud (cota) para luego crear un TIN desde ArcToolbox > 3D Analyst Tools > Data Management TIN > Create TIN. El modelo TIN se convirtió a ráster mediante las herramientas ArcToolbox > 3D Analyst: TIN to Raster (en atributo se seleccionó Slope as percentage), se reclasificó la capa en ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass Reclassify en la que se seleccionó tres rangos de las pendientes en porcentaje, las que finalmente fueron sombreadas mediante

la herramienta Hillshade (Spatial Analyst Tools > Surface > Hillshade).

Una vez reclasificada la capa anterior, ésta se superpuso con el shape del límite del bosque, para dividirlo en tres estratos (Terrenos con cultivos extensivos ensecano, Vegetación arbustiva natural con uso pecuario extensivo muy denso y Vegetación arbustiva natural con uso pecuario extensivo denso) las cuales fueron diferenciadas por colores. Esta división del bosque en zonas fue únicamente para la distribución de la muestra.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizaron teniendo en cuenta las metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales (MINAM, 2009) y la guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales del World Agroforestry Center (ICRAF). (Rugnitz, Chacón & Porro, 2009).

▪ Técnicas de recolección de datos

- **Observación directa:** Se aplicó en la toma de datos de cada individuo de *Polylepis* sp que se encontró en cada parcela siendo: altura total, DAP y número de ramas.
- **Observación indirecta:** Se aplicó en la recopilación de datos de la biomasa aérea, biomasa del suelo y necromasa (hojarasca).

▪ Inventario Forestal

El inventario forestal es una de las principales herramientas que permite realizar una caracterización de las especies dentro del bosque, en especial, de la distribución espacial y diamétrica de cada árbol. De modo tal que se puede realizar una planificación para el aprovechamiento sostenible del recurso forestal, considerando aspectos hídricos y topográficos (Rondeux, 2010).

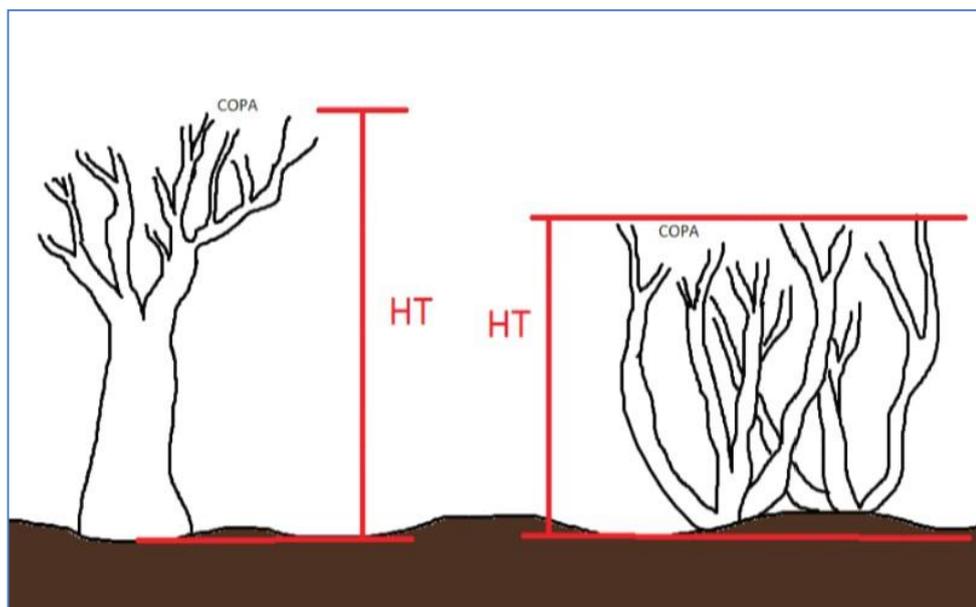
a) Medición Forestal para el género *Polylepis* sp.

Permite la medición del bosque con la finalidad de conocer características fundamentales, como la estructura, crecimiento y calidad de sitio. De este modo obtener conocimientos que facilitan aprovechar el recurso de forma planificada y desde un enfoque sostenible (Masias, 2017).

- **Altura Total.** Este parámetro es medido con el objeto de poder determinar el volumen u otros parámetros de forma en gabinete. La altura “total” es definida como la distancia vertical que separa el suelo del ápice del árbol. (Rondeux, 2010; Snowdon et al., 2002). Masias (2017) propone los siguientes casos para la medición de ejemplares de la especie *Polylepis flavidia*. Bitter:

Caso 1. Fuste principal a partir del cual se ramifica. La altura se mide desde el suelo hasta la yema terminal. Este caso es válido además para árboles ramificados desde la base, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3
Medición de altura en Polylepis sp.

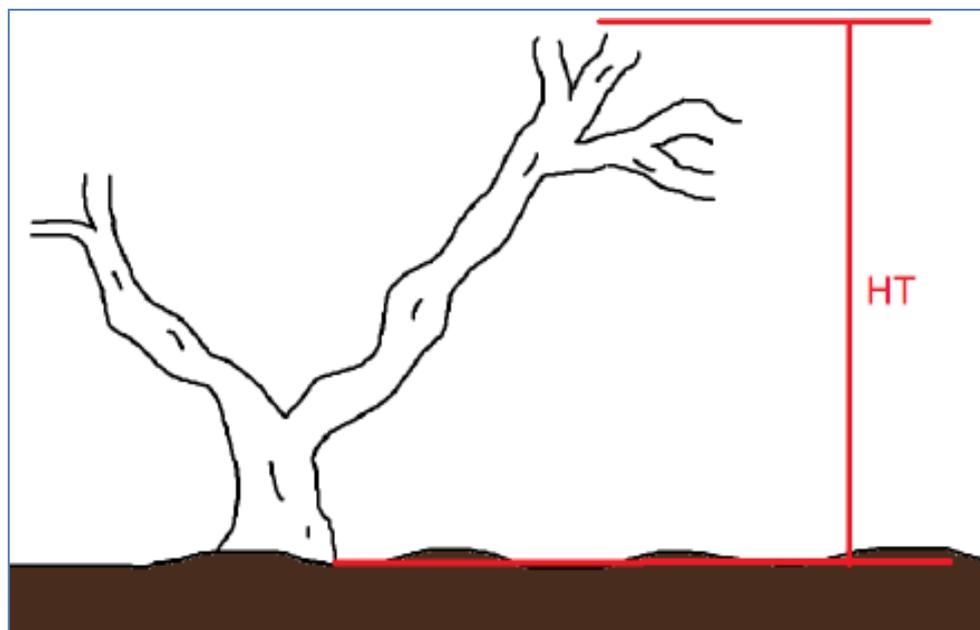


Fuente: Caso 1. Fuste principal que se ramifica

Caso 2. Árbol bifurcado. No se considera más que una sola altura, si la horquilla comienza por encima del nivel de la altura normal, como se muestra en

la siguiente figura:

Figura 4
Medición de altura en Polylepis sp.



Fuente: Caso 2. Árbol bifurcado

- **Copa.** La copa está constituida por el conjunto de ramas vivas y otras ramificaciones que puedan envolver la parte superior del fuste o tronco. El diámetro de copa cobra importancia por 2 motivos, tanto para la cuantificación de los efectos de posibles tratamientos silvícolas, como para el uso de fotografía aérea que tenga como fin la cubicación o análisis de vegetación (Rondeux, 2010; Ruiz et al., 2014).

Como se representa en la figura 5, se realizan 2 mediciones: copa este-oeste y copa norte-sur (Zapana, 2016).

Figura 5

Medición de copa en Polylepis sp.



Fuente: Se realizan 2 mediciones: copa este-oeste y copa norte-sur (Zapana, 2016).

- **Diámetro a la Altura de Pecho (DAP) y Diámetro Medio (DM).** El grosor de un árbol es una de las mediciones más comunes al momento de hacer un inventario forestal, puede hacerse utilizando 3 magnitudes: área basimétrica, circunferencia y diámetro. Esta última es la más usada y se obtiene a partir de la determinación del perímetro de la sección del árbol a una altura determinada. Si bien anteriormente se utilizaba la altura a pecho (DAP), ahora se ha estandarizado esta altura a 1,3 m desde el suelo (DM) (Rivera Paucar, 2018; Rondeux, 2010).

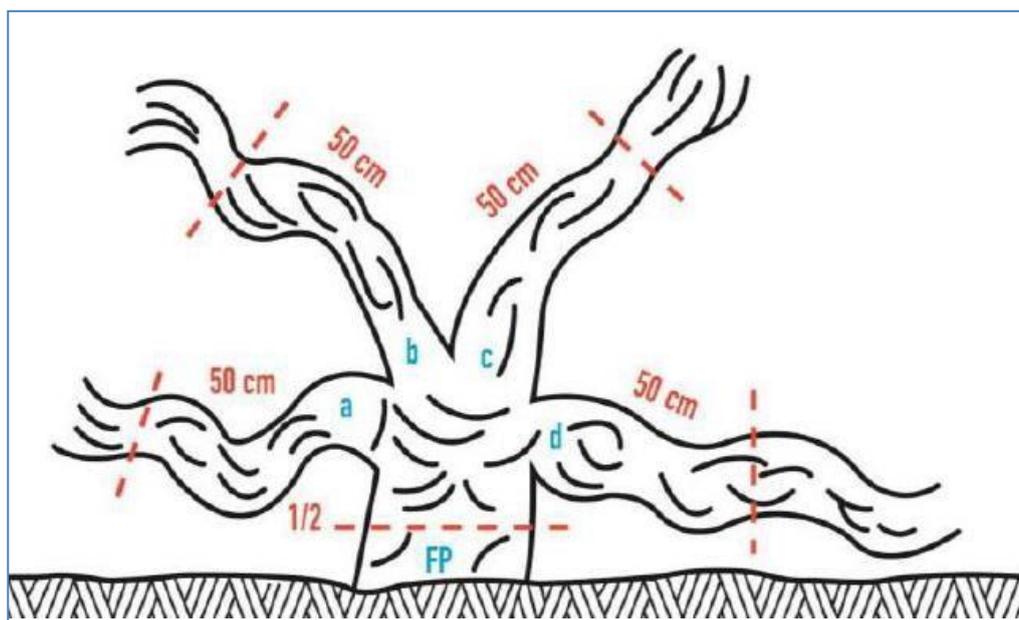
Muchas especies del género *Polylepis* tienen un crecimiento de tipo arbustivo con ramas postradas por debajo del 1,30 m, se reporta, además que en dicha ramificación puede iniciar por debajo del nivel del suelo. Masias (2017) presenta 3 casos:

Caso 1. Fuste principal a partir del cual se ramifica. Se considera todo como un solo individuo con ramas. El fuste principal se codificará como FP, la medición del diámetro se realiza a la mitad de la altura del fuste. El

diámetro de las ramas se mide a 50 cm de longitud desde el inicio de la ramificación, y sólo hasta la primera ramificación, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 6

*Medición de diámetro en *Polylepis* sp.*



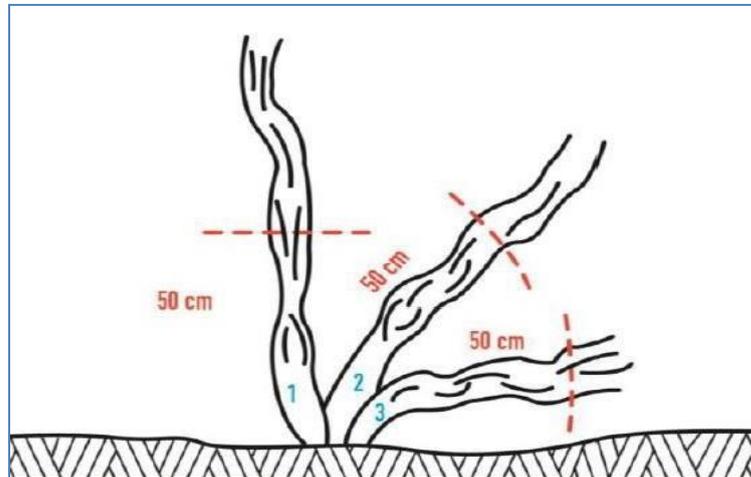
Fuente: Caso 1. Fuste principal que se ramifica (Masías, 2017).

Caso 2. Ramificación desde la base o por debajo del suelo y sin presencia de un fuste principal

Cada rama es considerada como un individuo independiente. El diámetro de cada uno de estos individuos es medido siempre a 0,5 m de longitud desde la base (Ver figura 7). Para el registro de datos, se codifican las ramas con números arábigos de acuerdo a su posición en sentido horario.

Figura 7

Medición de diámetro en Polylepis sp.

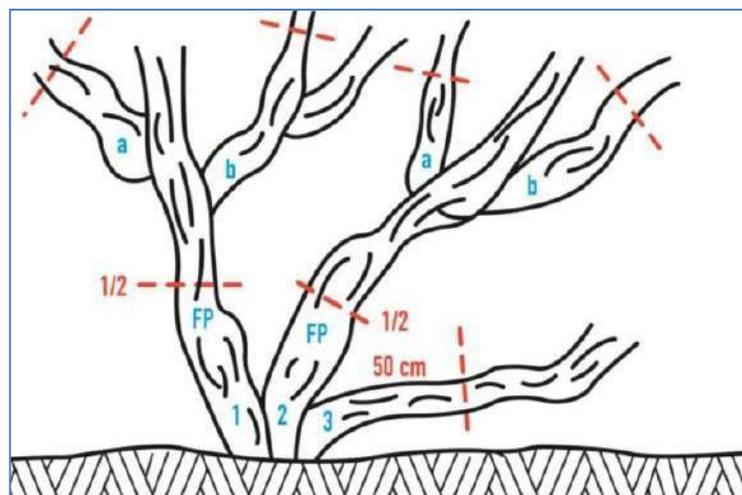


Fuente: Caso 2. Ramificación desde la base o por debajo del suelo (Masías, 2017).

Caso 3. Variación del Caso 2, los individuos independientes presentan ramificaciones: se iniciará con la codificación de las ramificaciones en sentido horario, utilizando letras minúsculas, se continúa con la medición descrita para el caso 1 y al igual que el caso 2, solo se consideran las primeras ramificaciones. (Ver figura 8)

Figura 8

Medición de diámetro en Polylepis sp.



Fuente: Caso 3. Individuos independientes con ramificaciones (Masías, 2017).

Materiales y equipos

- Cintas de medición con rebobinado automático de 5 m (métrica) (STANLEY,5 / 16)
- Cintas de medición de 1,5 m (métrica) (Singer, 1,5 / 60)
- Cuadrantes de 100 × 200 m (elaboración propia)
- Bolsas impermeables para proteger los instrumentos de medición y los formularios (BlueField, 20 L)
- Tableros de apoyo para tomar notas (OfficeMate, Folder 14.5 × 10 × 1.2)
- Prismáticos (discrecional) (Sakura, 10 × 70 × 70 Zoom Treking)
- Brújula (360°) (Lensatic Compass, Estilo Militar Metal Camping)
- Receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Geográfico) (Garmin, etrex 10)
- Cámara fotográfica digital (SONY, A6000)
- Laptop

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

- a) Hernández, R. (2014) afirma, que la recolección de datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico. Un instrumento de medición es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente. En términos cuantitativos es el registro de datos de la realidad. Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables.
- b) En el presente estudio de investigación se realizó la recolección de datos cuantitativos desde el punto de vista empírico, es decir, el registro de datos

se realizó mediante la observación a través del instrumento de medición denominado inventario forestal realizado al 100% en bosque plantado de Eucalipto y Pino. Para su confiabilidad se utilizó la validez de criterio se establece al comparar sus resultados con los de algún criterio externo que pretende medir lo mismo. Asimismo, se utilizó el método indirecto (no destructivo), es decir, la obtención de datos dasométricos son relacionados con dimensiones básicas obtenidas en campo utilizando ecuaciones o factores de expansión se va relacionar los datos entre sí.

La recolección de datos en el presente estudio de investigación se realizó en tres fases; fase pre campo, fase campo y fase post campo.

- c) **Decreto Supremo N° 007-2016-MINAM**, Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático.

Principal instrumento de gestión orientado a lograr las metas de reducción de deforestación y en general de las emisiones de GEI procedentes de la tala y quema de bosques, plantea promover e incentivar la implementación de toda opción de mitigación del sector Forestal/USCUSS que sea priorizada para el cumplimiento de la Contribución Nacional.

- d) **Decreto Supremo N° 012-2009- MINAM**, se aprobó la política nacional del ambiente.

Cuyo eje de política 1 establece, entre sus objetivos, lograr la implementación de instrumentos de evaluación, valorización y financiamiento para la conservación de los recursos naturales, diversidad biológica y servicios ambientales en el país; y como lineamiento de política del tema; aprovechamiento de los recursos naturales, literal g),

fomentar la valoración económica de los servicios ambientales que proporciona la diversidad biológica y en particular, los ecosistemas frágiles incluyendo los bosques húmedos tropicales, para la prevención y recuperación del ambiente.

e) **Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú.**

Documento que describe la metodología seguida y los resultados del primer esfuerzo realizado en el Perú, a escala nacional, referido a la estimación de existencias de carbono en los bosques del Perú a partir de datos de campo. La importancia de este estudio se enmarca en la meta planteada por el MINAM de conservar los bosques primarios como un aporte a la mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible.

f) **Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento de inventario de árboles con $DAP \geq 10$ cm para la toma de datos fueron generados por el estudiante y posteriormente validados por especialistas en matemática ambiental de bosques en el ecosistema de la región de Pasco.

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

La información recogida en el campo fue tabulada en una base de datos de la encuesta y posteriormente se analizaron con la ayuda de programas estadísticos EXCEL, SPSS 25. ArcGis v. 10.1 y sus extensiones estadísticas para establecer la escala alto, medio o bajo.

a) **Biomasa aérea (kg/árbol):** En la presente investigación se utilizó la ecuación alométrica *Polylepis* sp. determinada por Zapana (2016), ver

fórmula 1. Dicha ecuación toma como principales medidas biométricas la altura y el diámetro.

$$Biomasa = 62.14888556 * DAP^{1.366161} * HT^{1.31511} \dots\dots (1)$$

Dónde:

BIOMASA: Peso de la biomasa aérea total

(kg)DAP: Diámetro a la altura de pecho (m)

HT: Altura total (m)

- b) **Cálculo de biomasa aérea por hectárea (t/ha):** La biomasa del componente aéreo de cada árbol obtenido mediante la fórmula 1, fueron sumadas para el cálculo de biomasa aérea total por hectárea (Mosquera, 2018), fórmula 2:

$$BAVT \left(\frac{t}{ha} \right) = BTAV * 0.01 \dots\dots (2)$$

Dónde: ha

BAVT: Biomasa de árboles vivos en t/ha

BTAV: Biomasa arbórea total en la parcela de muestreo (Sumatoria de biomasa de los árboles)

0,01: Factor de conversión

- c) **Cálculo del stock de carbono en la biomasa aérea:** El carbono de la biomasa aérea (Zapana, 2016), se determinó mediante la fórmula 3:

$$CBA \left(\frac{t}{ha} \right) = BVT * 0.5947 \dots\dots (3)$$

- d) **Cálculo del carbono en biomasa subterránea por hectárea (tC/ha):** la biomasa subterránea se estimó en base a la biomasa aérea en toneladas por hectárea. Connolly & Corea (2007), proponen una fracción del 15% de la biomasa aérea, con un contenido del 50% de carbono

- e) **Biomasa necromasa:** La hojarasca se muestreo utilizando marcos de madera de 1 m², posteriormente se recolecto el material (hojas, cortezas, ramillas, etc.) que se encontraron en el interior del marco de muestreo, para posteriormente determinar el peso de la biomasa húmeda por m². Del total del material que se recolecto se tomómuestras de 200 g en bolsas gruesas plásticas que fueron codificadas y embaladas para su traslado posterior al laboratorio.
- f) **Cálculo de la cantidad de carbono de la muestra de biomasa necromasa (hojarasca):** Se adaptó de la fórmula propuesta por Rognitz, Chacón & Porro (2009).Fórmula 4.

$$CBm = MS * CF \dots \dots \dots (4)$$

Dónde:

CBm: Cantidad de carbono en la biomasa necromasa (hojarasca)
 MS: Masa de la muestra seca
 CF: fracción de carbono (kg C / kg de muestra seca determinada en laboratorio)

- g) **Cálculo de la cantidad de carbono de biomasa necromasa total por hectárea:** Se utilizó la fórmula propuesta por Rognitz et al. (2009).

Fórmula 5.

$$CBM = (10000m^2) \downarrow \frac{\Sigma CBm N^{\circ} de muestras}{0.0625 m^2 100} \dots (5)$$

Dónde:

CBM: Cantidad de carbono en la biomasa necromasa (t/ha)
 ΣCBm: Sumatoria de la cantidad de carbono de todas las

muestras (kgC / m²)1000: Factor de conversión de kg a t

10000: Factor de conversión del área a hectárea

h) **Estimación de la cantidad de carbono almacenado** en el suelo asociado a los bosques altoandinos (*Polylepis* sp.) del distrito de Capaso al año 2018.

- **Muestra de suelos:** La muestra fue adquirida a 20 cm de profundidad de los cuadrantes establecidos para el muestreo de la biomasa muerta. En cada punto de muestreo se utilizó un cilindro de volumen conocido, se estimó la densidad aparente del suelo en gramos por centímetro cúbico (g / cm³) (Mosquera, 2018).

- **Densidad aparente del suelo (g / cm³):** Se utilizó la fórmula 6.

$$Da = \frac{ms}{v} \dots \dots \dots (6)$$

Dónde:

Da: Densidad aparente

ms: Masa del suelo seco (g)

v: Volumen del cilindro (cm³)

- **Cálculo de carbono en el suelo (tC/ha):** Se utilizó la fórmula 7 (FAO, 2017):

$$COS = Da * P * CLab \dots \dots \dots (7)$$

Dónde:

COS: Carbono en el

suelo (kgC / m²)Da:

Densidad aparente (kg / m³)

P: Profundidad (m)

CLab: Contenido total de carbono [g / g]

i) Cálculo de la estimación del dióxido de carbono

Se realizó el cálculo con ayuda de los pesos moleculares del dióxido de carbono y carbono (44/12), una tonelada de carbono corresponde a 3.67 tCO₂, conforme a la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales”. De esta forma, para saber la cantidad de CO₂ es capturado. Se utilizó la siguiente fórmula 8.

$$\text{CO}_2\text{e} = \text{C} \times 3.67 \dots \dots \dots (8)$$

Siendo:

CO₂e: Dióxido de carbono

equivalente (tCO₂/ha)C: Carbono

total (tC/ha)

3.67: Factor de conversión

3.9. Tratamiento estadístico

Por la naturaleza del trabajo de investigación, no ha sido necesario trabajar con datos estadísticos, las muestras recogidas nos dan resultados valederos que respaldan los resultados obtenidos.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica.

La presente tesis se orientó en primer lugar hacia la ética ambiental. La ética ambiental, según Martínez, A. (2001, p. 20), es la reflexión racional y adecuada sobre los problemas que devienen de la relación entre el hombre y la naturaleza. Es decir, Martínez, describe la ética como una explicación no solo enfocada en los valores y normas del hombre, sino orientada a su relación con todos los seres vivos y a su conservación. La responsabilidad social, entonces,

se define como la actitud responsable y reflexiva del hombre ante el ambiente que lo rodea. Aquella persona que no acata la norma o ley de conservación ambiental se le trataría de esta manera como un “delincuente ecológico” (Bernal, M. 2010, p.32). En esta tesis, entonces, se procuró tener presente la protección al medio ambiente. Ello quiere decir que no se utilizó más de la cuenta recursos, con los cuales se podría repercutir negativamente en el medio ambiente; y por otro lado también se respetó el objetivo general planteado, los cuales tiene que ver de Estimar la captura de CO₂, en el bosque de la especie *Polylepis* sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado La Quinua.

En segundo lugar, la presente tesis se orientó hacia una visión de buen profesional en ingeniería ambiental. Un buen profesional en ingeniería ambiental debería poseer una visión, tal como dice Jaimes, L. (2015, p. 21), una visión profunda, para identificar, analizar, y solucionar problemáticas sobre los recursos naturales bióticas o abióticas; una visión sensible, para dialogar, consensuar y asumir actitudes sustentadas en lo técnico para cuidar el bien común y específicamente los recursos naturales; y una visión íntegra, para interactuar y desenvolver los distintos campos de acción que forman parte del desarrollo de la ingeniería ambiental. En esta tesis, entonces, el autor se dedicó a estimar la cantidad de carbono capturado en los procesos productivos y buscar la compensación con la misma cantidad de bonos de carbono generados a partir de proyectos de captura o reducción de emisiones de GEI.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó en tres fases; fase pre campo, fase campo y fase postcampo:

a) Fase de pre campo

Consistió en la recopilación, clasificación y análisis sistemático del área de estudio y elaboración de mapas temáticos a partir de información cartográfica nacional delimitados con el área de influencia directa del ámbito de la investigación. (Geoservidor Minam, plataforma tecnológica con información geoespacial especializada)

Se realizó una estratificación del bosque en base a mapas temáticos de la zona a la hoja 22 k de la Carta nacional (IGN 2005). Para esto se utilizó el programa ArcGis 10.5.

Así mismo se obtuvo de la web de SENMHI los datos Hidrometeorológicos de las estaciones adyacentes del área de estudio.

b) Fase campo

El estudio se llevó a cabo en 771.70 Has, con el fin de facilitar el trabajo

de campo se contó equipo de trabajo que consistió especialista forestal, un asistente quemedió el DAP, la altura total en que se registró todos los datos en un formato adecuadamente diseñado para el estudio.

- **Materiales de Campo**

Wincha de 50 m, forcípula, GPS, lapicero, cuaderno, clinómetro, machete, placas off set, formato de inventario de plantaciones de Quinual (Polylepis sp), cintas satinada, rafia, pintura esmalte, plumón indeleble, lapicero sin tinta.

- **Registro de la Información**

- **Georreferenciación del Área:** Se georreferenció cada parcela con plantaciones de Quinual (Polylepis sp).
- **Inventario e Identificación de las Plantaciones:** Se realizó un inventario al 100% de las plantaciones forestales de Quinual (Polylepis racemosa Ruiz & Pav y Polylepis racemosa), teniendo en cuenta los datos dasométricos de cada árbol vivo en pie, árbol muerto en pie, altura fuste, tipo de hojas, altura total de árbol en pie.
- **Medición de Árboles:** con la ayuda de la forcípula se midió el diámetro del tronco, el clinómetro se midió altura fuste y total, teniendo en cuenta DAP 1.30 m del suelo. Para Tomar la distancia óptima del árbol a ser medido debe ser de 15 a 20 metros, dependiendo de la escala del instrumento y de la visibilidad total que se tiene de la parte superior del árbol. (MINRAGRI, 2009)

c) **Fase post campo**

La información recopilada en el campo, Los datos cuantitativos obtenidos se llevaron a gabinete donde fueron registrados en una base de datos

computarizado MS Excel. Se construyeron tablas dinámicas con el fin de realizar los cálculos a través de ecuaciones alométricas construidas para el Perú aplicado en zonas rurales.

d) Fase de análisis de datos

Los cálculos fueron realizados a través de ecuaciones alométricas construidas para el Perú aplicado en zonas rurales. (Brown, 1997) los mismos que fueron empleado en las plantaciones de quinales (*Polylepis racemosa Ruiz & Pav* y *Polylepis incana Humboldt*).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Datos hidrometeorológicos

Los datos fueron tomados del Registro de Datos Meteorológicos del SENAMHI, mediante una tabulación de datos de temperatura y precipitación.

La temperatura máxima anual varian entre: 9.82 a 11.99 °C en la estación Cerro de Pasco (tabla n° 02); 20.38 a 21.42 °C en la estación La Quinoa (tabla n° 03) y 21.34 a 23.97 °C en la estación San Rafael (tabla n° 04), en los cuatro últimos años (2017-2020).

La precipitación en el área de estudio tiene gran variabilidad, como se puede apreciar en la figura 9, los años que concentran el menor nivel de precipitaciones está conformado por 1998 - 2011 los años más lluviosos está conformado por los años 2018 - 2019, representado el mayor valor el año 2018, con una variación de 51.70 mm de precipitación entre los años de mayor y menor precipitación (1998, 2019).

Tabla 3

Datos meteorológicos de la estación Cerro de Pasco (2017-2020)

Estación: CERRO DE PASCO				
Departamento: PASCO Provincia: PASCO Distrito: CHAUPIMARCA				
Latitud: 10°41'36.3" Longitud: 76°15'51.1' Altitud: 4359 msnm.				
Tipo: CO – Meteorológica Código: 110037				
Año, mes día	TEMPERATURA (°G)		HUMEDAD RELATIVA %	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL
	MÁX	MÍN		
2017	9.82	2.13	86.36	132.20
2018	10.82	2.03	85.24	118.30
2019	11.08	2.33	85.33	328.70
2020	11.99	2.49	84.94	89.80

Fuente: SENAMHI

Tabla 4

Datos meteorológicos de la estación La Quinua (2017-2019)

Estación: QUINUA				
Departamento: PASCO Provincia: PASCO Distrito: YANACANCHA				
Longitud Longitud Altitud: 3129 msnm				
Tipo: CO – Meterológico Código				
AÑO/MES/DÍA	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA	PRECIPITACIÓN
	MÁX	MÍN		
2017	20,38			
2018	2			
2019				

Fuente: SENAMHI

Tabla 5

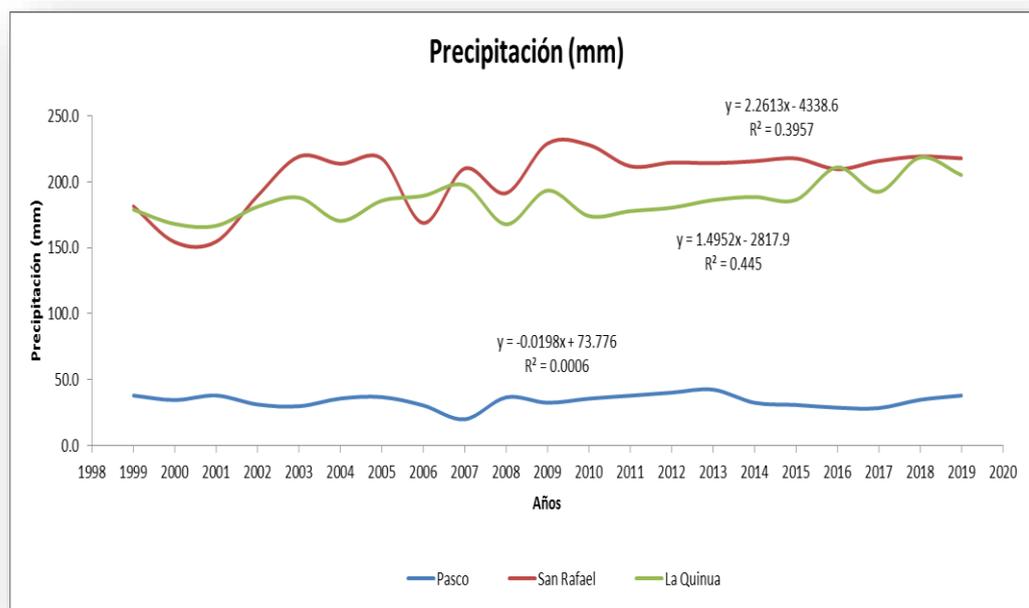
Datos meteorológicos de la estación San Rafael (2017-2010)

Estación : SAN RAFAEL				
Departamento : HUANUCO		Provincia : AMBO		Distrito : SANRAFAEL
Latitud : 10°19'45.3"		Longitud : 76°10'35.7"		Altitud : 2687 msnm.
Tipo : CO - Meteorológica		Código : 110025		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD	PRECIPITACIÓN
	MAX	MIN	RELATIVA (%)	TOTAL
2017	21.34	11.46	76.40	155.30
2018	21.91	11.12	76.58	156.70
2019	21.91	11.12	76.58	156.70
2020	23.97	11.49	71.01	35.80

Dato. SENAMHI

Figura 9

Porcentaje de dióxido de carbono absorbido en el bosque forestal de Quinual (Polylepis sp.)



Fuente: SENAMHI

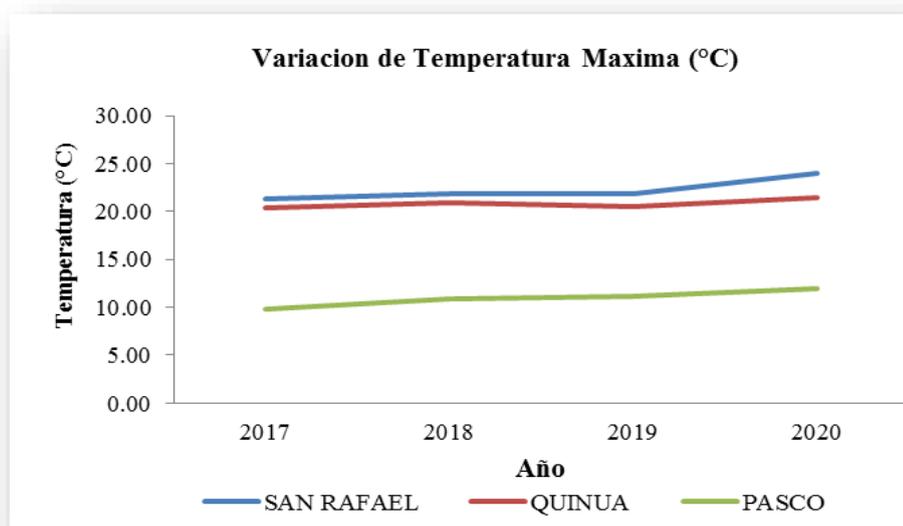
La figura 10 muestra el promedio las temperaturas máximas, el valor más bajo en el año 2017 y los valores máximos se concentran en los años 2018 – 2019, de esta manera se puede observar que existe una variación o diferenciación de 1.04

Variación del promedio temperatura máxima (°C) en la microcuenca La Quinua.

°C en los años 2017 y 2020. (Anexo IV, mapa 8)

Figura 10

Variación del promedio temperatura máxima (°C) en la microcuenca La Quinua.

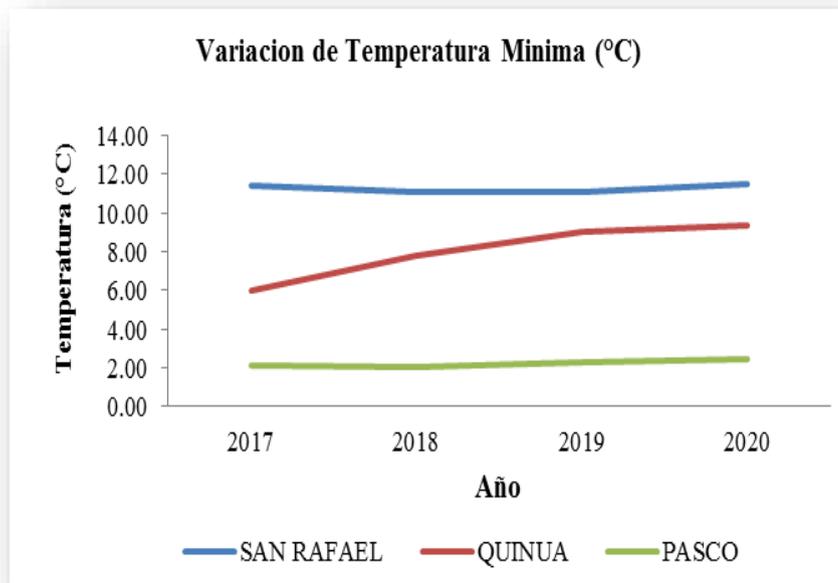


Fuente: SENAMHI

La figura 11 muestra el promedio las temperaturas mínimas y presentan el valor más bajo en el año 2017 y los valores máximos se concentran en los años 2018 – 2019, de esta manera se puede observar que existe una variación o diferenciación de 3.41 °C en los años 2017 y 2020. (Anexo IV, mapa 6)

Figura 11

Variación del promedio temperatura mínima (°C) en la microcuenca La Quinua.



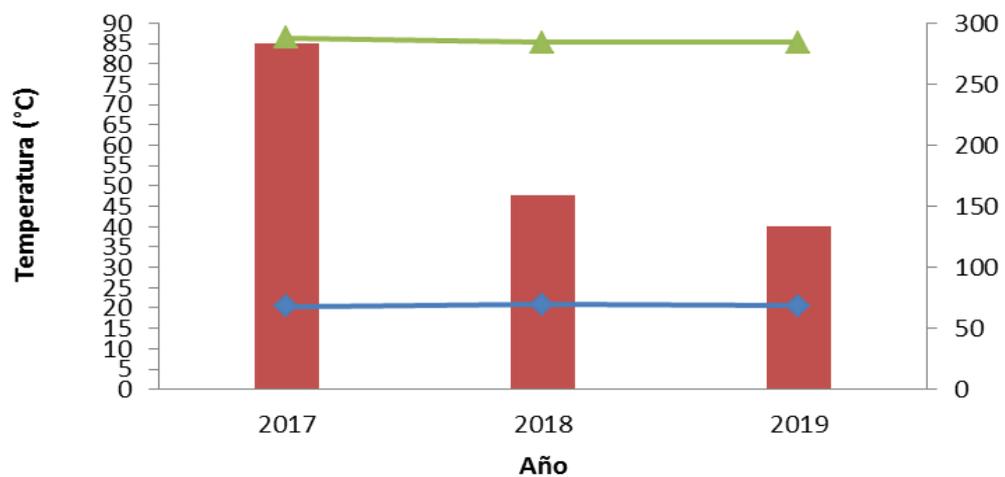
Fuente: SENAMHI

La figura 12 muestra que, en tiempo la temperatura y humedad observada hay un incremento ligero con una variación de 0.19 °C y 018% respectivamente, la precipitación disminuye en los años 2018 y 2019. (Anexo IV, mapa n° 07)

Figura 12

Variables climáticas evaluadas de los años 2017 a 2020 en la microcuenca La Quinua.

Datos hidrometeorológicos T(°C) y Precipitación (mm)



Fuente: SENAMHI

■ Precipitación (mm) ◆ T° min ▲ Humedad

4.2.2. Extensión actual de los bosques altoandinos de *Polylepis* sp. en la localidad de La Quinua

La extensión total que ocupan los bosques forestales de Quinua (*Polylepis racemosa* Ruiz & Pav y *Polylepis incana* Humboldt), en la microcuenca La Quinuaes de 771.70 hectáreas al año 2020 (Tabla n° 05), el detalle espacial se puede apreciar en el anexo n° IV (mapa n° 02). La misma que se obtuvo de la interpretación visual de imágenes, con un proceso manual de delimitación de los bosques (Castro, 2014) pues una de las principales ventajas de este método es su capacidad para incorporar al trabajo criterios complejos como la textura, estructura, emplazamiento o disposición, factores que no son muy bien tratados mediante análisis netamente digitales (Chuvienco, 2010).

La extensión de los bosques está representada por el género *Polylepis*. sp conocido localmente como “queñoal”, “quinua” o “quenua”, el cual está conformado por las especies, *P. incana*, *P. racemosa*, (Mendoza & Cano, 2011).

Tabla 6

Extensión de los bosques forestal de Quinua (*Polylepis* sp.)

	Calculada	Bosque relicto altoandino (queñoal)*
Área (ha)	771.70	101 533
% del territorio	3.91	0,60

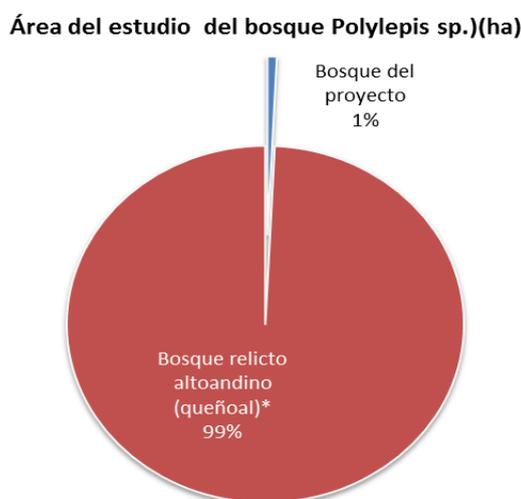
Fuente: * Superficie nacional de bosques naturales andinos, Mapa Nacional de Cobertura Vegetal, MINAM.

En la tabla 5 se muestra el porcentaje que comprenden los bosques de *Polylepis* sp, la misma que representa al 3.91% de la extensión territorial del

distrito de Yanacancha y 0,60 % de los bosques nacionales.

Figura 13

Porcentaje de extensión del área de estudio



Fuente: SENAMHI

La figura 13, muestra el porcentaje del área del bosque de *Polylepis* sp que representa el 0.6% de los bosques altoandinos existentes a nivel nacional. El árbol conocido localmente como “quinhuar” o “quinar”, con el que describieron el género *Polylepis*, atendiendo a la estructura de su corteza. Según el diario de Hipólito Ruiz, él describe a éste árbol como *P. emarginata*, cuya diagnosis nunca llevo a publicarse.

Probablemente basado en este ejemplar más tarde fue descrita *P. racemosa* por Ruiz & Pavón, siendo la especie tipo del género (Ruiz & Pavón 1794). La delimitación de las especies del género es dificultosa, debido a la gran variabilidad morfológica dentro de las poblaciones y la frecuente hibridización (Simpson 1979, Kessler 1995a, Romelaroux 1996, Mendoza 2005, Kessler & Schmidt-Lebuhn 2006).

A si mismo se realizó la clasificación del bosque en 3 estratos utilizando la herramienta de clasificación supervisada del programa Erdas Imagen 2014,

mediante: maximun likelihood (Arenas et al., 2011). La extensión total de cada estrato, los resultados se meusta en la siguiente taba:

Tabla 7

Extensión de los estratos en hectáreas

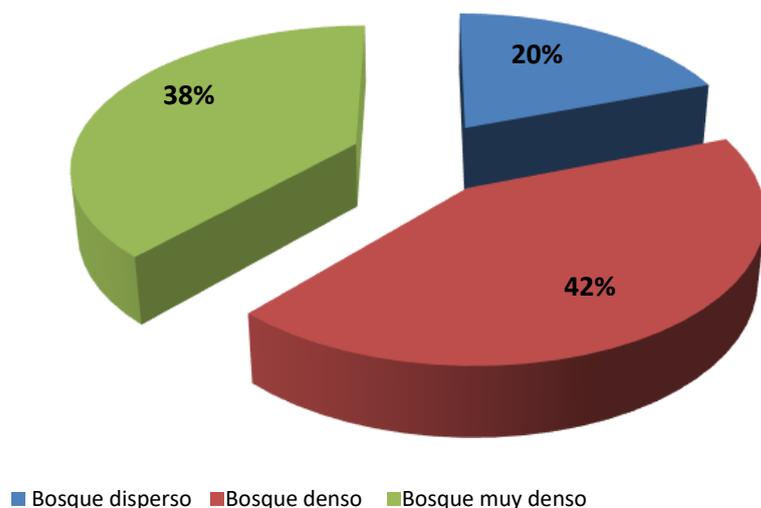
	Extensión total (ha)	%
	148.68	19.40%
	324.70	42.36%
	293.17	38.25%

Fuente: SENAMHI

Figura 14

Extensión de los estratos en porcentaje

Porcentaje de extensión de los estratos en Ha



Fuente: SENAMHI

En cuanto a los estratos, como se visualiza en la tabla 7 y figura 14; la mayorextensión, 324.70 hectáreas, la representan los bosques densos, seguido por los bosques muy denso con un área de 293.17 hectáreas. En cuanto a los bosques disperso solo ocupan solo el 19.40% de la extensión total del bosque de

Polylepis sp. La misma que representa una primera aproximación con datos que se pueden mejorar en la medida que se genera información más completa, nuevas tecnologías y también metodologías.

4.2.3. Distribución de la muestra e identificación de sus coordenadas UTM

De acuerdo a la estratificación presentada anteriormente, se eligieron 43 parcelas y se identificaron sus respectivas coordenadas UTM. Obteniéndose así una buena distribución de los árboles en el bosque de Polylepis sp.

La identificación de las coordenadas UTM de la muestra previo a la fase de campo fue 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 43 parcelas de muestreo, las fichas de campo se muestran en el anexo II; además, en el anexo n° IV (mapa 09) se muestra la disposición espacial de las parcelas y mapa topográfico (mapa 12).

Tabla 8

Coordenadas UTM de las parcelas de muestreo

Parcela	Coordenadas UTM- DATUM WGS84 Zona18S		Área (ha)	Perímetro(m)
	Este	Norte		
P-01	371993.23	8824384.80	8.38	83,822.23
P-02	371505.55	8826543.75	2.02	20,213.13

P-03	370143.94	8826226.85	4.15	41,455.45
P-04	373199.46	8822665.89	22.54	225,370.23
P-05	371294.07	8825218.33	4.93	49,291.05
P-06	373022.20	8822557.34	0.07	689.26
P-07	370768.35	8827291.01	0.44	4,393.84
P-08	371146.05	8826225.25	139.09	1,390,912.13
P-09	370959.25	8825055.04	129.72	1,297,222.96
P-10	370959.25	8825055.04	13.85	138,506.66
P-11	370959.25	8825055.04	1.58	15,792.66
P-12	370571.82	8826537.03	7.48	74,828.83
P-13	371371.34	8827471.13	0.22	2,153.79
P-14	371183.01	8827418.47	1.23	12,300.02
P-15	372202.33	8826087.59	0.00	3.66
P-16	372163.41	8825379.14	2.34	23,440.51
P-17	371983.75	8824662.53	0.21	2,060.10
P-18	372328.16	8823139.07	1.85	18,468.26
P-19	370959.25	8825055.04	31.82	318,198.41
P-20	371997.51	8825737.70	1.00	9,958.61
P-21	369932.69	8826083.55	15.01	150,100.90
P-22	370450.24	8826293.15	3.24	32,355.54
P-23	370753.06	8827017.91	10.33	103,314.99
P-24	373393.72	8822498.85	46.83	468,328.05

P-25	372287.01	8822834.01	7.59	75,900.04
P-26	372123.81	8822990.96	152.28	1,522,809.21
P-27	372108.64	8822965.88	25.60	255,988.23
P-28	370959.25	8825055.04	3.31	33,112.25
P-29	370959.25	8825055.04	4.92	49,237.91
P-30	370959.25	8825055.04	15.94	159,403.57
P-31	370626.27	8826959.32	0.31	3,134.45
P-32	371830.90	8826803.23	1.64	16,354.48
P-33	372155.24	8826371.58	0.24	2,376.90
P-34	372240.84	8826280.79	0.02	204.42
P-35	370608.34	8825139.83	0.02	180.83
P-36	370865.57	8824251.53	0.01	2.81
P-37	371066.25	8824084.64	0.22	2,234.24
P-38	373370.19	8822641.50	7.39	73,853.75
P-39	372426.60	8823560.04	17.60	175,951.90
P-40	370708.32	8827384.61	0.38	3,839.04
P-41	371176.36	8826298.75	0.62	6,205.60
P-42	370260.87	8826503.95	36.61	366,060.47
P-43	371926.34	8823348.17	0.54	5,427.71

Fuente: SENAMHI

4.2.4. Cantidad de secuestro de carbono en la biomasa aérea

a) Biomasa aérea

Se calculó la biomasa aérea para cada parcela en toneladas por hectárea,

y se determinó el promedio de biomasa por hectárea para cada estrato, como se muestra en la tabla 9.

Como se aprecia en la figura 15, la cantidad de biomasa aérea en el estrato de bosque muy denso fue de 119.80 t / ha. El estrato denso posee 69.52 toneladas de biomasa aérea por hectárea y el estrato disperso posee 15.99 toneladas de biomasa aérea por hectárea.

Tabla 9

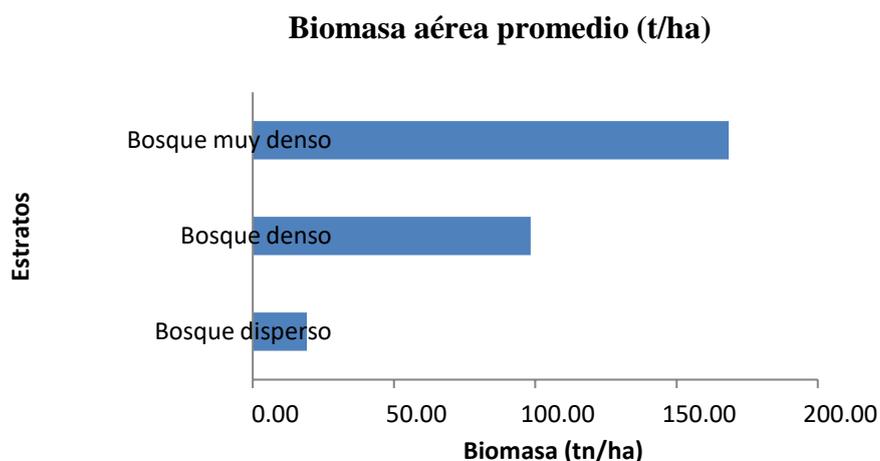
Contenido de carbono de biomasa aérea por estrato de los bosques forestal de Quinual (*Polylepis sp.*)

Estrato	Numero de parcelas	Biomasa aérea Promedio (t/ha)	Densidad Promedio (Arboles/ha)
Bosque disperso	13	15.99	97
Bosque denso	19	69.52	410
Bosque muy denso	11	119.08	650

Fuente: SENAMHI

Figura 15

Contenido de carbono de biomasa aérea por estrato de los bosques forestal de Quinual (*Polylepis sp.*)



Fuente: SENAMHI

b) Carbono capturado por la biomasa aérea de árboles por estratos

En base al cálculo de biomasa aérea para cada estrato, se estimó la cantidad de carbono, utilizando el valor propuesto por Zapana (2016) de 59,47 % para biomasa aérea.

Tabla 10

Carbono capturado en biomasa aérea de los bosques forestal de Quinual (Polylepis sp.)

Estrato	Carbono en biomasa aérea Promedio (tC/ha)
Bosque disperso	9.51
Bosque denso	41.34
Bosque muy denso	70.82

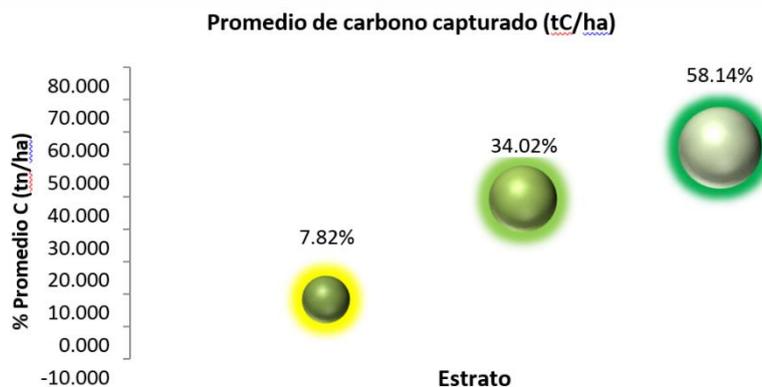
En la tabla 9, se muestra el promedio general de carbono capturado en la biomasa aérea del bosque forestal de Quinual (Polylepis sp.), el valor obtenido

en el presente estudio es de 9.51 tC / ha. para bosque disperso; 41.34 tC/ha para

Fuente: SENAMHI
bosque denso y 70.82 tC/ha para bosque muy denso, lo que respalda una mayor importancia en el almacén de carbono en los bosques altoandinos de Polylepis sp.

Figura 16

Contenido de carbono de biomasa aérea por estrato de los bosques forestal de Quinual (Polylepis sp.).



Fuente: SENAMHI

En la figura 16, se muestra el porcentaje de carbono (tn/ha) capturado por cada estrato en el bosque de polylepis sp. El estrato muy denso captura en promedio 58.14%. El estrato denso 34.02% t/y el estrato disperso 7.82% lo que demuestra su importancia en almacenamiento de carbono.

4.2.5. Biomasa de necromasa (hojarasca) y carbono secuestrado

El bosque natural de Polylepis sp en la localidad La Quinua, presentó una biomasa de hojarasca en el bosque disperso de 0.56 tBH/ha; bosque denso de 1.39 tBH/ha y bosque muy denso de 2.49 tBH/ha. Con un promedio de 1.48 tBH/ha y los resultados se muestran en la tabla 11.

Tabla 11

Biomasa de hojarasca del bosque natural de Quinual (Polylepis sp.)

N° de Parcela	Área	Biomasa (kg/m ²)	Biomasa (kg/parcela)	Biomasa seca (tBH/ha)
Bosque disperso	0.2	0.06	112.00	0.56
Bosque denso	0.2	0.14	278.00	1.39
Bosque muy denso	0.2	0.25	498.00	2.49

Fuente: SENAMHI

El carbono secuestrado por la necromasa (hojarasca) en el bosque natural de Polylepis sp. osciló entre 0.28 tC/ha y 1.25 tC/ha, con un promedio de 0.68 tC/ha., los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12

Carbono secuestrado en la hojarasca del bosque natural de Quinual (*Polylepis sp.*)

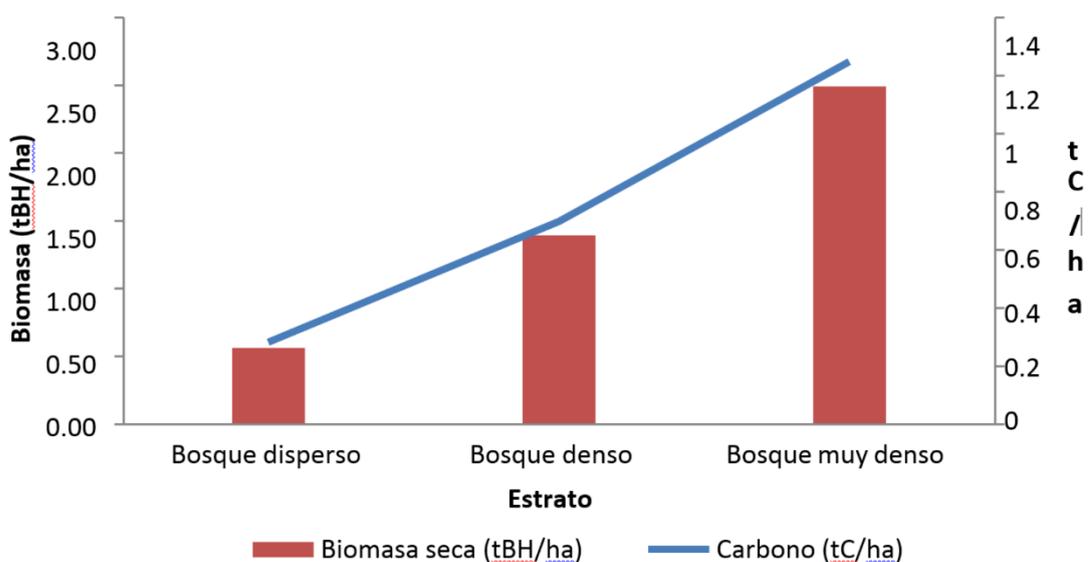
N° de Parcela	Área (ha)	Carbono promedio (kg/m ²)	Carbono (kg/parcela)	Carbono (tC/ha)
Bosque disperso	0.2	0.028	56.00	0.28
Bosque denso	0.2	0.0695	139.00	0.70
Bosque muy denso	0.2	0.1245	249.00	1.25

Fuente: SENAMHI

Figura 17

Comparación de biomasa (tBH/ha) con el carbono secuestrado por la necromasa (hojarasca) del bosque natural de Quinual (*Polylepis sp.*)

Comparación del carbono total secuestrado por depósitos del bosque natural de *Polylepis sp.*



Fuente: SENAMHI

Se puede distinguir en la figura 17, que la mayor cantidad de depósito de carbono secuestrado del bosque natural de *Polylepis sp.*, se encuentra en el estrato bosque muy denso con 1.25 tC/ha, mientras que la menor en la necromasa (hojarasca) con 0.28 tC/ha. En el estrato bosque

disperso.

4.2.6. Biomasa subterránea y carbono secuestrado

La estimación del carbono en la fuente de la raíz, se calculó a partir de la obtención del 15 % de la biomasa aérea, para luego multiplicarse por la fracción de carbono 0,5 (Connolly & Corea, 2007).

Obteniendo como resultado el carbono en biomasa subterránea por estrato que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13

Contenido de carbono de biomasa muerta por estrato del bosque forestal de Quinual (Polylepis sp.).

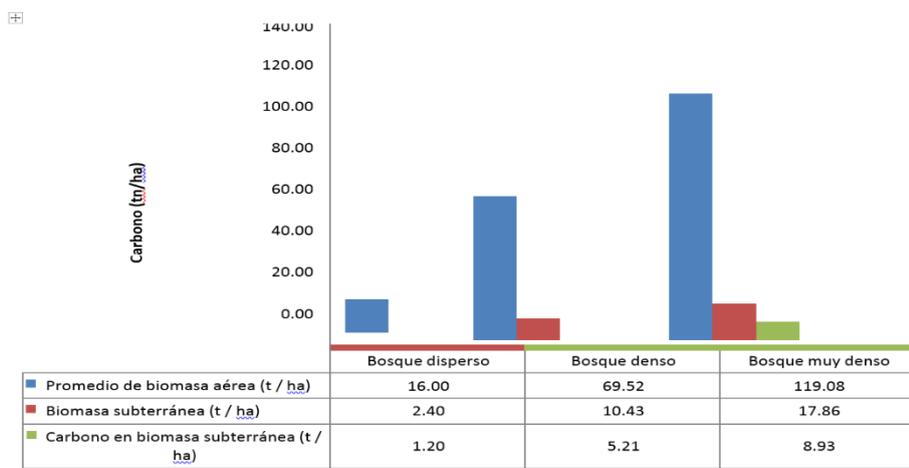
Estrato	Promedio de biomasa aérea (t / ha)	Biomasa subterránea (t / ha)	Carbono en biomasa subterránea (t /ha)
Bosque disperso	15.99	2.40	1.20
Bosque denso	69.52	10.43	5.21
Bosque muy denso	119.08	17.86	8.93

Fuente: SENAMHI

Figura 18

Contenido de carbono de biomasa subterránea por estrato del bosque bosque forestal de Quinual (Polylepis sp.).

Contenido de carbono de biomasa subterranea por estrato delbosque de Polylepis sp.



Fuente: SENAMHI

En la figura 18 se muestran los resultados, mayor promedio de carbono capturado en biomasa subterránea en toneladas por hectárea para bosque muy denso. El estrato disperso posee 2.44 toneladas de biomasa subterránea y captura un 1.20 tC / ha. el estrato denso posee valores de biomasa subterránea de 10.43 toneladas por hectárea y 5.21 tC / ha. El estrato muy denso posee 17.86 toneladas de biomasa subterránea y captura 8.93 tC / ha.

4.2.7. Carbono secuestrado por el suelo en los bosques de *Polylepis* sp

Se obtuvieron 6 muestras de suelo asociado a los bosques de *Polylepis* sp. en la microcuenca de la Quinua, las cuales fueron enviados al laboratorio para los análisis respectivos y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14

Datos obtenidos de laboratorio para las muestras de suelo

Muestra	Estrato	Peso húmedo (g)	Peso seco(g)	Contenido de carbono(%)
M-01	Bosque disperso	245	240	2.48
M-02	Bosque disperso	315	211	0.17
M-03	Bosque denso	175	171	2.61
M-04	Bosque denso	265	263	1.04
M-05	Bosque muy denso	256	250	0.09
M-06	Bosque muydenso	261	253	1.82

Fuente: SENAMHI

De las 6 muestras de suelos asociados al bosque forestal de Quinual (*Polylepis* sp.), dos muestras para el estrato disperso, dos muestras para el estrato denso y dos muestras para el estrato muy denso. Se realizó el cálculo de la cantidad promedio almacenada por cada estrato, los resultados se muestran en la siguiente en la tabla:

Tabla 15

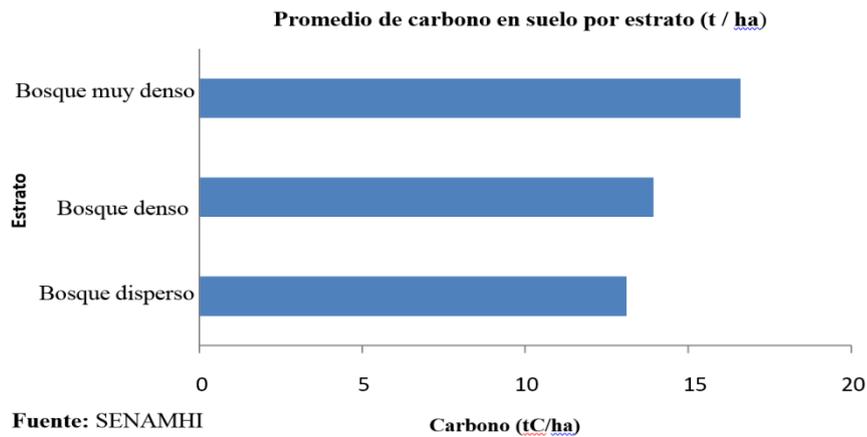
Contenido de carbono en el suelo asociado al bosque forestal de Quinual (*Polylepis sp.*).

Muestra	Estrato	Densidad aparente (gr / cm ³)	Carbono en suelo (t / ha)	Promedio de Carbono en suelo por estrato (t / ha)
M-01	Bosque disperso	0.559	8.63	7.61
M-02	Bosque disperso	0.387	13.20	
M-03	Bosque denso	0.543	26,95	14.28
M-04	Bosque denso	0.478	1,62	
M-05	Bosque muy denso	0.595	12,38	16.61
M-08	Bosque muy denso	0.573	20,85	

Fuente: SENAMHI

Figura 19

Contenido de carbono en el suelo asociado a los bosques de Quinual (*Polylepis sp.*)



En la figura 19, se muestra los valores de carbono secuestrado por el suelo asociados a los bosques altoandinos dispersos, 7.61 tC / ha. En el estrato denso el valor fue de 14.28 tC / ha. el estrato muy denso mostro el valor de 16.61 tC / ha. El promedio de carbono almacenado en suelos asociados a los bosques de *Polylepis sp.* fue de 12.83 tC / ha.

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

sp.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del carbono total secuestrado por estrato en los bosques de *Polylepis* sp

Tabla 16
Carbono total secuestrado según los depósitos de bosque forestal de Quinual
(*Polylepis* sp.)

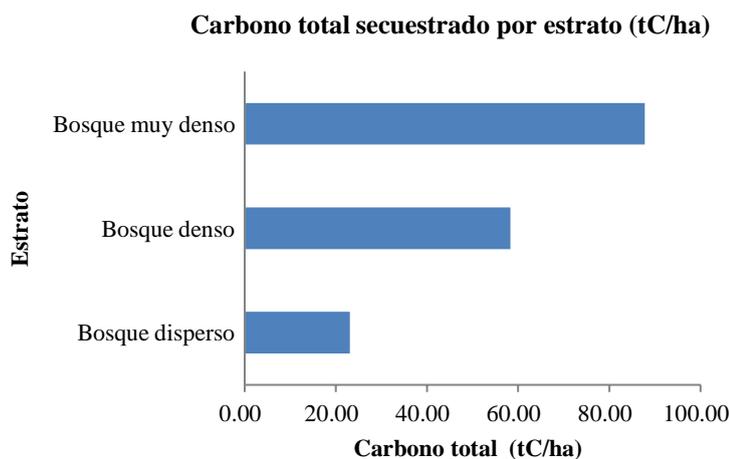
Cód.	Estrato	Carbono en biomasa aérea (tC/ha)	Carbono en biomasa subterránea (tC/ha)	Carbono en suelo por estrato (tC/ha)	Carbono en biomasa de necromasa (tC/ha)	Carbono total (tC/ha)
1	Bosque disperso	9.51	1.20	7.61	0.28	18.6
2	Bosque denso	41.34	5.21	14.28	0.70	61.53
3	Bosque muy denso	70.82	8.93	16.61	1.25	97.61
Total						177.74

Fuente: SENAMHI

La tabla 15, muestra la suma total del promedio del secuestro de carbono por los depósitos de almacenamiento del bosque de Quinual (*Polylepis* sp.) y es de 177.74 tC/ha.

Figura 20

Comparación del carbono total secuestrado por estratos del bosque forestal de Quinual (*Polylepis* sp.)



Fuente: SENAMHI

Se puede distinguir en la figura 20, que la mayor cantidad de depósito de carbono secuestrado del bosque natural de *Polylepis* sp, se encuentra en el estrato

bosque muy denso en la biomasa aérea (tC/ha) con 97.61 tC/ha, mientras que la menor en la necromasa (hojarasca) con 18.6 tC/ha.

4.2.9. Carbono almacenado en cada estrato en los bosques de *Polylepis* sp.

Tabla 17

*Capacidad de almacenamiento de carbono del bosque natural de *Polylepis incana* Kunth del paraje de Ccallanapucro*

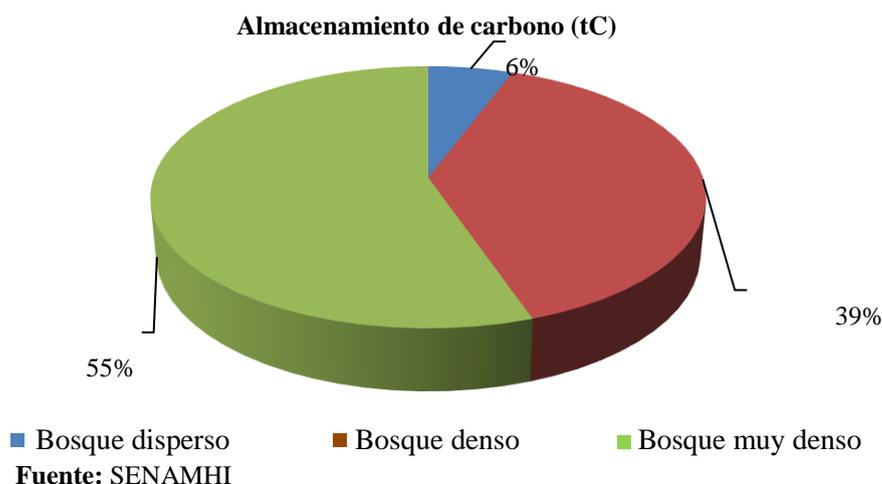
Estrato	Carbono secuestrado (tC/ha)	Extensión total (ha)	Almacenamiento de carbono (tC)
Bosque disperso	18.6	148.68	2,765.45
Bosque denso	61.53	324.70	19,978.79
Bosque muy denso	97.61	293.17	28,616.32

Fuente: SENAMHI

El carbono total secuestrado en las 771.70 ha del bosque natural de *Polylepis* sp. en la localidad de la Quinua en los depósitos de biomasa aérea, suelo y necromasa fue de 51,360.56 tC.

Figura 21

*Porcentaje de carbono almacenado por estratos del bosque forestal de Quinual (*Polylepis* sp.)*



En cuanto al porcentaje de carbono total almacenado en los estratos, como se visualiza en la figura 20; el mayor porcentaje es en los bosques muy

densos con un 39%, seguido por los bosques denso con un 39% y en el bosque disperso solo ocupansolo el 6 % del total en el bosque de *Polylepis* sp. La misma que representa una primera aproximación con datos que se pueden mejorar en la medida que se genera información más completa, nuevas tecnologías y también metodologías.

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

Tabla 18

*Dióxido de carbono almacenado en el bosque natural de *Polylepis* sp*

Estrato	Carbono (tC/ha)	Dióxido de carbono (tCO ₂ /ha)
Bosque disperso	18.6	68.26
Bosque denso	61.53	225.82
Bosque muy denso	97.61	358.23
TOTAL		652.31

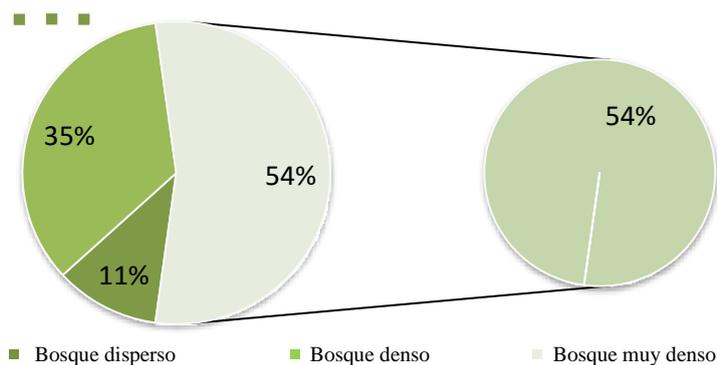
Fuente: SENAMHI

En la tabla 17, muestra la cantidad de dióxido de carbono almacenado por el bosque natural de *Polylepis* sp. en los depósitos de: biomasa aérea; necromasa (hojarasca); suelo y subterránea fue de 652.31 tCO₂/ha., en la localidad de La Quinua.

Figura 22

*Porcentaje de dióxido de carbono almacenado en el bosque forestal de Quinual (*Polylepis* sp.)*

Dióxido de carbono absorbido en el bosque *Polylepis* sp. (%)



Fuente: SENAMHI

La mayor cantidad porcentual de depósito de dióxido de carbono del bosque natural de *Polylepis* sp. se encontró en el estrato de bosque muy denso con 54% y el menor en el bosque disperso con 11%, en la localidad de La Quinua.

De este modo se generó el mapa de carbono total almacenado en los bosques altoandinos de *Polylepis* sp. de la localidad de La Quinua. En el anexo IV (mapa n° 11) se muestra la representación de la cantidad de dióxido de carbono almacenada; dando a valores máximos, tonalidades en color verde, y colores rojizos a espacios con menor cantidad de carbono almacenado.

4.3. Prueba de hipótesis

Pruebas de regresión simple (Correlación de Pearson)

Correlación de Pearson entre variables involucradas en el estudio.

La correlación de Pearson señala las correlaciones momento producto de Pearson, entre cada par de 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.

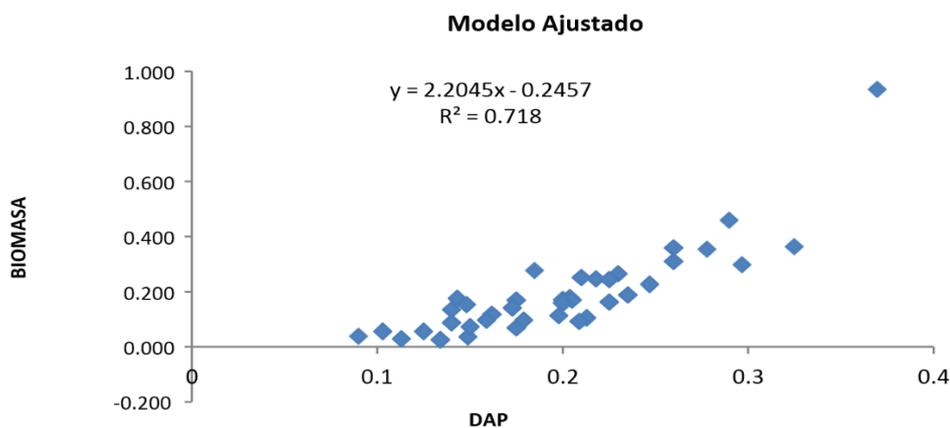
DAP vs Biomasa

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

$$B = -0.2457 + 2.2045DAP$$

Figura 23

Prueba de correlación de Pearson Biomasa vs DAP.



Fuente: SENAMHI

Carbono fijado vs Altura

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre Carbono fijado y Altura (m). La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Carbono} = -0.0648 + 0.026 \cdot \text{Altura}$$

$$B = -0.0648 + 0.026DAP$$

Figura 24

Prueba de correlación de Pearson Carbono fijado vs. Altura.

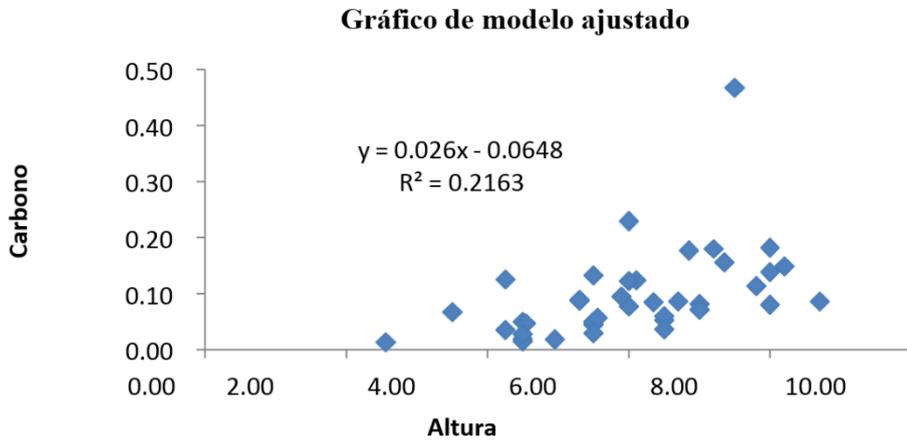


Tabla 19

Prueba de correlación de Pearson Carbono fijado vs. Altura.

ANOVA

Análisis varianza

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	358271,666	23	15577,029	2,329	,033
Residuo	127095,776	19	6689,251		
Total	485367,443	42			

Fuente: Coeficiente de correlación: 0.454277831, R-cuadrada: 21.63 %

Contrastación de hipótesis general

La hipótesis se contrasta mediante el análisis paramétrica ANOVA con su comparador de Kruskal-Wallis usando un intervalo de confianza del 95 % (nivel de significancia de $\alpha= 0,05$) utilizando el paquete estadístico implementado en Excel; modelo que permite hacer comparaciones entre biomasa, Carbono secuestrado y almacenamiento de carbono del bosque de la

especie *Polylepis* sp., Para realizar la prueba estadística se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: No hay captura y almacenamiento significativo de dióxido de carbono (CO₂) en el bosque de la especie *Polylepis* sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua.

H_a: Hay captura y almacenamiento significativo de dióxido de carbono (CO₂) en el bosque de la especie *Polylepis* sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua.

De los resultados obtenidos se establece que hay captura y almacenamiento significativo de dióxido de carbono (CO₂) en el bosque de la especie *Polylepis* sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua.; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

4.4. Discusión de resultados

La figura 14 muestra que la temperatura máxima y humedad observada y hay un incremento ligero con una variación de 0.19 °C y 018% respectivamente, la precipitación disminuye en los años 2018 y 2019.

González (2012) llega a la conclusión no es notable observar un incremento o reducción de la temperatura mínima, y que por el contrario fue observado un ligero incremento de la temperatura máxima, que fue notado a lo largo de los años y que carpish posee una T de 19°C. En relación a la precipitación fue notado su reducción entre los meses de junio – agosto con 50 mm, pero se incrementó entre diciembre – febrero, alcanzando los 400 mm. En la humedad relativa mínima es de 85 % y una máxima de 98 %.

Estudios similares fueron reportados por Salinas (2005) quien reporto

una temperatura media anual que varía de 7° - 15 °C en los bosques montanos húmedos de del carpish, principalmente en la parte superior, mientras una variación de 15 °C - 19°C para la parte inferior (1500 a 2500 m). También fue reportado la no existencia de diferencias significativas entre norte y sur. En las noches, las temperaturas son frescas, permitiendo que la humedad atmosférica se condense sobre las hojas de las plantas por rocío. La precipitación anual se encuentra en el rango de 400 - 7000 mm, indicando diferencias de consideración intrarregionales y elevaciones. No en tanto, latitudinalmente los cambios no son conspicuos, esto porque gran parte de los bosques son alimentados con 1500 a 3000 mm anualmente.

Quispe Sivana (1996); citado por Salinas (2005) dijo que se distingue del tipo climático por: Clima de selva tropical (Af): y se caracteriza por tener humedad permanente, con temperatura media anual mayor a 18°C y precipitación anual mayor a 750mm. Este clima característico de la ruta Acomayo a Tingo María.

Cantidad de biomasa aérea en el bosque de *Polylepis* sp.

La tabla 8, muestra que la biomasa aérea es: 15.99; 69.52 y 119.08 tC/ha, en árboles de estrato: Bosque disperso, Bosque denso y Bosque muy denso respectivamente. Los resultados de la presente investigación se encuentran dentro del rango de una investigación realizada en Puno donde señalan que la biomasa total varía entre parcelas de 6.3 tn/ha a 101.2 tn/ha, para bosques heterogéneos de *Polylepis* sp (Siltanen et al citado por Mansilla, s.f.)

Cantidad de secuestro de carbono en la biomasa aérea en el bosque de *Polylepis* sp.

Investigaciones anteriores, en la determinación de carbono en el género

Polylepis sp para biomasa aérea, determinan un valor promedio de 2,44 tC/ha a 14,57 tC/ha para bosques de Polylepis sp en Arequipa (Cuadros, 2015), Mosquera(2018) por su parte refiere el valor promedio de 28,3 tC / ha para bosques de Polylepis sp en el Parque Nacional Huascarán; y Zapana (2016) determina un valor promedio de 6,38 tC / ha para bosques de Polylepis sp. en Pucara, Puno. A comparación de estos estudios, el valor obtenido en el presente estudio el promedio de carbono secuestrado es 40.55 tC / ha (tabla n° 09), resultando ser alto. La diferencia entre los cuatro estudios radica en la posible variabilidad de la especie, ya que tanto Cuadros (2015), Mosquera (2018) y Zapana (2016), no tienen identificada la especie del género Polylepis sp. Las características dasométricas son determinadas por la especie y la adaptación fenológica a las condiciones ambientales en las que se desarrollan, así pues, dentro del amplio género Polylepis sp., Kessler (2006) refiere que existen especies como P. tarapacana, que habita la cordillera volcánica occidental altiplánica a altitudes de 3 900 - 4 400 m.s.n.m. a 5 000 - 5 200 m.s.n.m., siendo el caso particular de sus estudios las regiones en el extremo sudoeste de Bolivia a 4 500 m.s.n.m. En estas condiciones, los ejemplares (árboles) no superan los 2 metros de altura. Los registros de Mosquera (2018) y Zapana (2016) demuestran que sus individuos de estudio (árboles) poseían menores dimensiones dasométricas en comparación a la presente investigación.

Al compararlos con los resultados obtenidos al promedio de secuestro de carbono (40.56 tC/ha) en la biomasa aérea del bosque de polylepis sp. en la microcuenca la Quinoa obtenido en la presente investigación, es similar al valor reportado por Tacarpo (2018) con 47.552 tC/ha registrados en la biomasa aérea del estudio titulado “potencial de captura de carbono de las especies de flora

predominante de la parte alta del bosque nativo de *Polylepis* sp de la comunidad campesina de Tumpa - provincia de Yungay en el departamento de Ancash”, localizado entre los 3381 - 3932 m.s.n.m, de altitud, y que también toma en consideración individuos con diámetros más grandes a 2.50 cm, constatando que si la biomasa aérea es incrementada conforme a la clase diamétrica (Traver, Puertas & Primicia, 2007).

Pacheco (2015), en su trabajo llevado a cabo en el Parque Nacional de Cajas (PNC), reportó un almacenamiento de carbono para la biomasa aérea de *Polylepis reticulata* 102.55 tC/ha, siendo casi similar con el presente estudio de la tabla n° 09, que muestra el almacenamiento total de carbono por el bosque de *polylepis* sp. en lamicrocuenca de Quinua, que es 121.67 tC/ha.

Davila y Retamozo (2008) en el valle del Mantaro, en el bosque dorado – anexo de Paccha obtuvo para *Polylepis incana* H&B una capacidad de almacenamiento de carbono del bosque de 156.45 tC/ha, en contraste con nuestro estudio la tabla n° 09 muestra el almacenamiento de carbono total del bosque natural que es 121.67 tC/ha, los resultados obtenidos son casi similares debido al uso de la misma metodología Rognitz et al., (2009) y MINAM (2009).

Cantidad de carbono secuestrado por biomasa necromasa (hojarasca) en el bosque de *Polylepis* sp.

En el caso de la biomasa necromasa se obtuvo un promedio de carbono de 0,28 tC / ha. para el estrato disperso, 0.70 tC / ha para el estrato denso y 1.25 tC / ha para el estrato muy denso (tabla 12). Mosquera (2018) registra la cantidad de carbono almacenado en la biomasa de hojarasca de 10,44 tC / ha para el estrato bosque muy denso, 9,63 tC / ha para el estrato bosque denso y 1,37 tC / ha para el estrato bosques disperso. Esta diferencia, se explica por la conformación del

bosque, en la presente investigación no se tomó en cuenta otro tipo de cobertura vegetal diferente al de *Polylepis* sp, Mosquera (2018) refiere la existencia de gran diversidad de especies en el sistema que estudió, comparándolo y hallando similitud con bosques naturales de la Amazonía brasileña, cuya representación de carbono en biomasa muerta se encuentra entre el 5 y 6 % del carbono total.

Cantidad de carbono secuestrado por biomasa subterránea en el bosque de *Polylepis* sp.

En la tabla 13, se presenta el promedio de captura de carbono en biomasa subterránea es: 1.20 tC/ha. en el estrato disperso; 5.21 tC / ha. en el estrato denso y 8.93 tC/ha en estrato muy denso. Al respecto los autores como Simpson (1979), refieren que, a elevadas alturas, el género *Polylepis* sp presenta una variación en las raíces, debido a la falta de nutrientes a la que se enfrentaría si tuviera raíces cortas. Este autor refiere un caso en Venezuela, donde este género crece entre en las grietas entre rocas; alcanzando una penetración de sus raíces de un metro o más. En general los sistemas radiculares en el género *Polylepis* sp no han sido tan investigados como en otras especies arbóreas y si se quiere realizar una comparación con esos datos, la cantidad de biomasa sería bastante baja (Hertel & Wesche, 2008). Este hecho supondría que el porcentaje de 15 % de la biomasa aérea, podría no representar la biomasa subterránea para esta especie del género *Polylepis* sp.

Carbono secuestrado por el suelo en los bosques de *Polylepis* sp.

Como se aprecia en la tabla 15, el presente estudio estimó como valor para captura de carbono en suelos asociados a los bosques altoandinos dispersos, 7.61 tC/ha. En el estrato denso el valor fue de 14.28 tC / ha. el estrato muy denso mostro el valor de 16,61 tC / ha. El promedio de captura de carbono en suelos

asociados a los bosques de *Polylepis* sp fue de 12,84 tC / ha. Valor que en comparación con lo determinado por Mosquera (2018): 351,57 tC / ha para el Parque Nacional Huascarán, Sullca (2018): 80,23 tC / ha para bosques de Quello quello (Lampa, Puno), y Cuadros (2015) de 75,23 tC / ha en Arequipa, es una cifra bastante menor. Esta variación estaría condicionada al tipo de muestreo realizado; Mosquera (2018) realiza calicatas de hasta 0,75 metros de profundidad; tanto Cuadros (2015) como Sullca (2018) realizan muestreos mayores a 0,2 m de profundidad. En el presente estudio fue menor a 0,2 metros; la gran diferencia comparada a los valores obtenidos por Cuadros (2015) y Sullca (2018) se deberían a la variabilidad geológica de las zonas de estudio. Además, se debe señalar que como refiere Simpson (1979), a grandes altitudes y en condiciones de suelos rocosos las raíces del género *Polylepis* sp llegan a profundidades mayores a un metro, por lo que se existiría la probabilidad de tener mayores valores de carbono almacenado en suelo con un muestreo a mayores profundidades.

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

Finalmente, el valor de carbono total almacenado en promedio en los bosques de *Polylepis* sp fue de 177.74 tC / ha, comparado al valor de 410,033 tC / ha determinado por Mosquera (2018) el valor obtenido en el presente estudio bastante menor. Cuadros (2015) propone el valor de 85.65 tC/ha para bosques del mismo género en Arequipa, igualmente el valor es menor a lo definido por la presente investigación. Esta variación en los dos estudios 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.

Las plantaciones de *Polylepis* sp., en el Centro la Quinoa, distrito de Yanacancha – Pasco, cumplen un papel importante en la mitigación del cambio climático a través de la captura de CO₂; llegando a capturar 68.26 tn/ha, 225.82 tn/ha y 358.23 tn/ha en los estratos respectivamente (Tabla 18).

Con esta investigación también se pretende incentivar a la población a plantar árboles para disminuir el cambio climático que viene generando estragos a nivel mundial, ello por el calentamiento global, generado por el llamado efecto invernadero.

Manejar de manera sostenible los bosques se tornaron en una alternativa factible y eficaz, para contrarrestar el deterioro de diversas zonas, además proponerse como opción mejor 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 (Morales & Milton, 2015).

Los bosques juegan un rol vital para el cambio climático, ya que estos cumplen la función de almacenar y de ser responsable directo de enormes cantidades de flujo de carbono entre ambas la atmósfera 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 almacenar enormes cantidades de carbono en la vegetación, y también los suelos cumplen un rol activo porque realiza el intercambio del CO₂ entre la atmósfera y biósfera (Urquiaga 2012).

CONCLUSIONES

1. La cantidad de carbono secuestrado en la biomasa aérea fue de 9.51; 41.34 y 70.82tC/ha, en árboles de los estratos: Bosque disperso, Bosque denso y Bosque muy denso respectivamente; con un total de 121.67 tC/ha en el bosque natural de *Polylepis* sp en la localidad de la Quinua.
2. La cantidad de carbono secuestrado en la biomasa suelo del bosque natural de *Polylepis* sp. en la localidad de la Quinua fue de 38.50 tC/ha.
3. La cantidad de carbono secuestrado por la necromasa (hojarasca) en el bosque natural de *Polylepis* sp. en la localidad de la Quinua fue de 2.23 tC/ha.
4. La comparación de cantidad de carbono secuestrado en la biomasa aérea, suelo, subterránea y necromasa fue de la siguiente manera: 121.67 tC/ha (68%) biomasa aérea; biomasa necromasa (hojarasca) 2.23 tC/ha (1%); biomasa del suelo, 38.50 tC/ha (22%) y biomasa subterránea 15.34 tC/ha (9%), siendo la biomasa aérea con mayor cantidad de secuestro carbono respecto a los otros depósitos.
5. La capacidad de secuestro de carbono del bosque natural de *Polylepis* sp. En la localidad de la Quinua en la biomasa aérea, suelo y necromasa fue de 177.74 tC/ha lo que evidencia un alto potencial de almacenamiento de dióxido carbono de 652.30 tCO₂/ha. en el centro poblado de La Quinua.

RECOMENDACIONES

1. Debe tomarse precauciones cuando se toma datos dasométricos en el inventario, en zonas que presentes pendientes pronunciadas.
2. Se alienta a seguir con el presente estudio, pero considerando evaluar el contenido de carbono que podría almacenarse a futuro en el bosque de *Polylepis sp* a medida que los árboles adquieran mayor biomasa.
3. Se intuye a compartir los resultados encontrados con los pobladores de la comunidad de la Quinua, sensibilizándolos sobre la importancia del servicio ecosistémico, específicamente en el secuestro de carbono que brinda el bosque natural de *Polylepis sp* para generar una conciencia de conservación.
4. Emplear esta información encontrada para planear y diseñar políticas a nivel local que busquen conservar y gestionar de forma sostenible 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

- Acosta, M., Carrillo, F., & Díaz, M. (2009). *Determinación del carbono total en bosques mixtos de Pinus patula Schl. et Cham. Terra Latinoamericana*, (pp. 105-114).
- Agenda 21 de la provincia de Jaén. (2013). *Espacios protegidos / Espacios naturales protegidos. Jaen - España*.
- Aguilar, H. (2011). *Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago- Costa Rica: Escuela de Ingeniería Forestal.
- Benavides, H., & León, G. (2007). *Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático*. Ideam, 1-102.
- Bernardo, E., & Parodi, L. (2017). “*Valoración económica de las reservas de carbono en plantaciones de la Comunidad Campesina de Paccha, Huancayo - Junín*”. Tesis de pre-grado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Bojko, O., & Kabala, C. (2017). *Organic carbon pools in mountain soils - Sources of variability and predicted changes in relation to climate and land use changes*. (pp. 209-220).
- Brown, S., & Lugo, A. (1984). *Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes*. Science, 1290-1293.
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra*. Revista Digital Universitaria (UNAM), 2-12.
- Calderón, M., & Lozada, V. (2010). *Determinación de biomasa y contenido de carbono en plantaciones forestales de Polylepis incana y Polylepis reticulata*. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Calmon, P. (2009). *Conferencia de Estocolmo como punto de partida para a proteção*

internacional do meio ambiente. Direitos Fundamentais e Democracia, (pp.1-25).

Ciesla, W. (1996). *Cambio Climático, Bosques y Ordenación Forestal*. Roma: FAO.

Comisión europea. (2009). Bienes y servicios. Naturaleza.

CONAM. (2001). *Primera Comunicación Nacional del Perú para la convención de las naciones unidas sobre cambio climático*. Lima.

Cotrufo, M. (2010). *Litter decomposition: Concepts, methods and future perspectives*. SoilCarbon Dynamics: An Integrated Methodology, (pp.76-90).

MINAM (2014) *Cálculo de la huella ecológica departamental y por estratos socioeconómicos*.

MINAM (2014). *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú*.

MINAM (2015). *Manual de valoración económica del patrimonio natural*. Lima, Perú: Dirección general de evaluación, valoración y financiamiento del patrimonio natural.

MINAM (2016). Informe Sectorial Ambiente: *La Conservación de Bosques en el Perú 2016*. Lima, Perú: Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático, MINAM.

MINAM (2016). *Guía de valoración económica del patrimonio natural*: Lima, Perú: valoración económica para la toma de decisiones, (4: p.24).

MINAM (2016). *Guía de valoración económica del patrimonio natural*: Lima, Perú: valoración económica para la toma de decisiones, (5: p.27).

Moreno, J., Burgos, J., Nieves, H., & Buitrago, C. (2004). *Modelo alométrico general para la estimación del secuestro de carbono por plantaciones de caucho Hevea brasiliensis Mull. Arg. en Colombia*. Colombia Forestal, 5.

- Mosquera, R. (2018). *Determinación de las reservas totales de carbono en el bosque de Polylepis spp.*, Quebrada de Llaca – Parque Nacional Huascarán, 2014. Tesis de Post - Grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz.
- Novara, A., La Mantia, T., Rühl, J., Badalucco, L., Kuzyakov, Y., Gristina, L., & Laudicina, V. (2014). Dynamics of soil organic carbon pools after agricultural abandonment. *Geoderma*, (pp.191-198).
- OMS. (2008). *Proteger la salud frente al cambio climático*. La Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Ordóñez, J. (1999). *Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán*. Ciudad de México.
- Ordóñez, J., & Masera, O. (2001). *Captura de carbono ante el cambio climático*. *Madera y Bosques*, (pp. 7, 3-12).
- Palomino, D. (2007). *Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo*. Lima.
- Pan, Y., Birdsey, R., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P., Kurz, W., . . . Hayes, D. (2011). *A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests*. *Science*.
- Pichardo, V., Chávez, H., & Gallegos, A. (2008). *Estimación de carbono en plantaciones forestales de Pinus douglasina, a partir de biomasa aérea*. Guadalajara - México.
- Pinto, L., & Paredes, Y. (2014). *Los servicios ecosistémicos*. Xilema.
- Pretell, J., Ocaña, D., Jon, R., & Barahona, E. (1985). *Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana*. Lima, Peru.
- Ravindranath, N., & Ostwald, M. (2007). *Carbon Inventory Methods Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects*.
- Rodríguez, L. (2007). *Protocolo de Kyoto: Debate sobre ambiente y desarrollo en las*

discusiones sobre Cambio Climático. Gestión y Ambiente, (pp.117-128).

Romero, F. (2015). *Determinación de la captura del carbono en dos sistemas de pastos mejorados en el Distrito de San Silvestre de Cochán* Provincia de San Miguel - Cajamarca.

Rubio, González, Benavides, Chávez, & Xelhuantzi. (2016). *Relación entre necromasa, composición de especies leñosas y posibles implicaciones del cambio climático en bosques templados*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

Rügnitz , M., Chacón, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Guía, Centro Mundial Agroforestal ICRAF*, Lima-Perú.

Rzedowski, J., & Calderón, G. (2005). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*.
Morelia,México.

Sarcca, Y. (2017). *Valoración económica del servicio ecosistémico de secuestro y almacenamiento de carbono en el bosque de Polylepis del Pichu Pichu*, Arequipa.

Saugier, B., & Pontailier, J. (2006). *Ecología en Bolivia*.

Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2000). *Medición de la capacidad de captura de carbono e bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Manual de procedimientos muestreos de biomasa forestal*, Valdivia - Chile.

Schlesinger, W. (2009). *Carbon Sequestration in Soils. the Ecological Society of America*,(pp.30-33).

Schneider, & Samaniego. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.

Schulze, E., Wirth, C., & Heimann, M. (2000). *Managing forests after Kyoto*. Science,

(pp.2058-2059).

- SERFOR. (2017). *Nuestros Bosques en Números, Primer Reporte del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre*. Lima: SINCO Industria Gráfica E.I.R.L.
- SERNANP. (2009). *Pagos por Servicios ambientales para la conservación de bosques en la Amazonía peruana: un análisis de viabilidad*. Servicio nacional de áreas naturales protegidas por el estado, Lima.
- Serrato, Adame, López, & Flores. (2014). *Carbono orgánico de la hojarasca en los bosques de la reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, caso santuario sierra Chincua*, México. RIIA, (pp.33 – 34).
- Simpson, M., Gössling, S., Scott, D., Hall, C., & Gladin, E. (2008). *Climate Change Adaptation and Mitigation in the Tourism Sector: Frameworks, Tools and Practices*. United Nations Environment Programme (UNEP), Paris-Francia.
- Tacarpó, A. (2018). “*Estimación del potencial de captura de carbono de las especies de flora predominante de la parte alta del bosque de la Comunidad Campesina de Tumpa – Provincia de Yungay, 2018*”. Ancash.
- Torres, S. (2016). *Cuantificación de carbono en los individuos de Polylepis incana, Polylepis reticulata y Gynoxys halli en el área seleccionada para la calibración y generación de ecuaciones alométricas*. Informe de investigación, Fondo para la Protección del Agua (FONAG), Quito-Ecuador.
- Traver, C., Puertas, F., & Primicia, I. (2007). *Proyecto FORSEE: Una red de zonas piloto para evaluar y mejorar los indicadores de gestión forestal sostenible de los bosques del arco Atlántico del sur de Europa*. Navarra-España.
- Ugalde, L. (1997). *Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Costa Rica*. Turrialba-Costa Rica: CATIE.
- WCED, W. C. (1987). *Our Common Future (The Brundtland Report)*. Medicine and

War (Vol. 4, pp. 17–25). Londres.

Yáñez, A. (2004). *La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental?* Gaceta Ecológica, (pp.5-18).

Zanabria, R., & Cuéllar, E. (2016). *Carbono total almacenado en los depósitos de diferentes sistemas de uso de tierra del ecosistema alto andino, valle del Mantaro, Junín*. Xilema, (pp.43-52).

ANEXOS

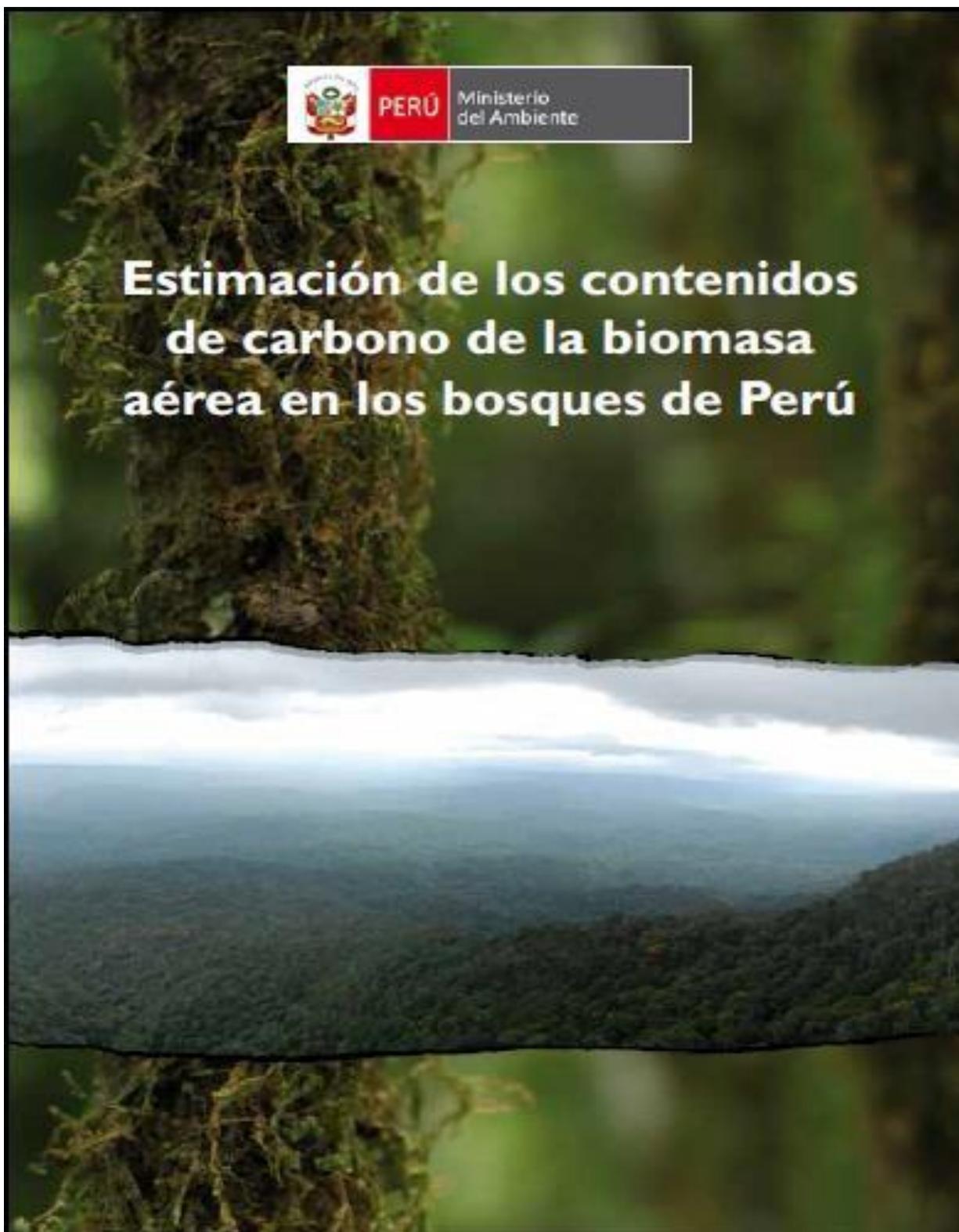
Anexo I: Matriz de consistencia

- anexo II: instrumento de investigación
- anexo III: guía oficial de estimación
- anexo IV: Mapas:
 - Mapa de ubicación del proyecto de investigación
 - Mapa delimitación del área de estudio
 - Mapa de ubicación de la microcuenca quinoa
 - Mapa de la red hídrica de la sub cuenca Huallaga
 - Mapa de clasificación de los cauces de la red hídrica de la sub cuenca Huallaga
 - Mapa isoterma del distrito de Yanacancha (t° min)
 - Mapa isoterma del distrito de Yanacancha (t° max)
 - Mapa isoyetas del distrito de Yanacancha (prec. Mm)
 - Mapa de parcelas del área de estudio
 - Estratos de bosque forestal de quinoa (*Polylepis* sp)
 - Mapa de almacenamiento de CO_2 bosque forestal de quinoa (*Polylepis* sp)
 - Mapa topográfico

ANEXO I
MATRIZ DE CONSISTENCIA

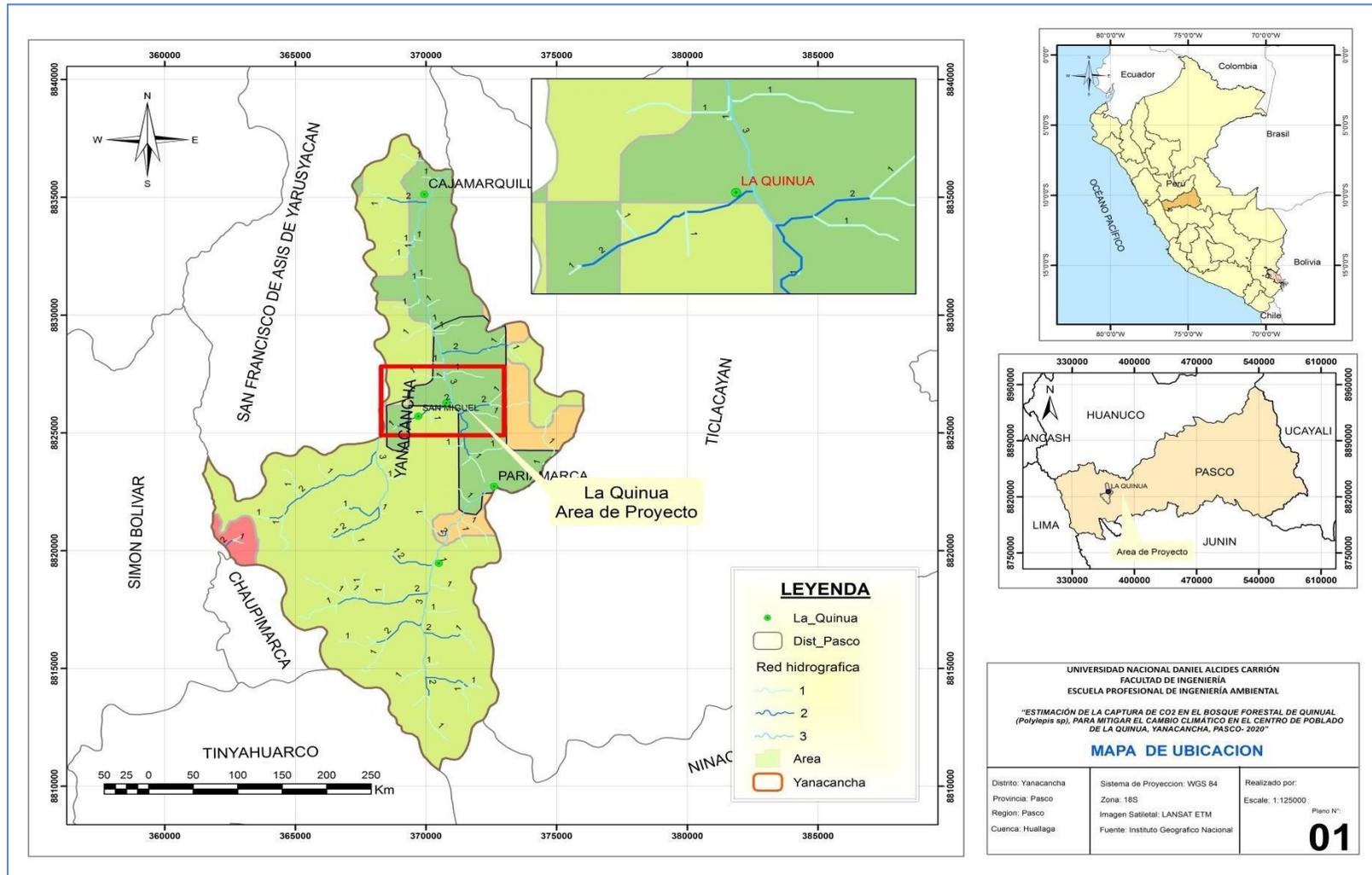
Tema	Problema general	Objetivos	Variables	Hipótesis	Indicadores
<p>Estimación de la captura de CO₂ en el bosque forestal de quinua (Polylepis sp), para mitigar el cambio climático en el centro de poblado de la quinua, Yanacancha, Pasco-2020.</p>	<p>Problema general</p> <p>¿Cuánto es la captura de CO₂, en el bosque de la especie Polylepis sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Estimar la captura de CO₂, en el bosque de la especie Polylepis sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua.</p>	<p>V. Independiente:</p> <p>Captura de dióxido de carbono (CO₂)</p> <p>V. Dependiente:</p> <p>Diámetro a la altura del pecho (DAP)</p> <p>Diámetro a la Altura del Pecho en los árboles en pie, normalmente se mide a 1.3 m sobre el nivel del suelo.</p>	<p>Hipótesis Nula (H₀):</p> <p>No hay captura y almacenamiento significativo de dióxido de carbono (CO₂) en el bosque de la especie Polylepis sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua.</p> <p>Hipótesis Alternativa (H_a): Hay captura y almacenamiento significativo de dióxido de carbono (CO₂) en el bosque de la especie Polylepis sp, para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua.</p>	<p>- Número de árboles en las parcelas</p> <p>- Diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada árbol</p> <p>- Altura de la Especie.</p> <p>- Materia seca por árbol</p> <p>- Carbono capturado por cada árbol</p> <p>- Carbono estimadas por parcela</p>
	<p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Cuánto es la captura de CO₂ en el bosque de las plantaciones de Polylepis sp, en el Centro Poblado de La Quinua? ▪ ¿Cuánto será la cantidad de CO₂ almacenado en el bosque de la especie Polylepis sp, en el Centro Poblado de La Quinua? 	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estimar la captura de CO₂, en el bosque de la especie Polylepis sp, en el Centro Poblado de La Quinua. - Estimar la cantidad de CO₂ almacenado en el bosque de la especie Polylepis sp, en el Centro Poblado de La Quinua. 			

Anexo III: Guía oficial de estimación de los contenidos de carbono de
la biomasa aérea en los bosques de Perú

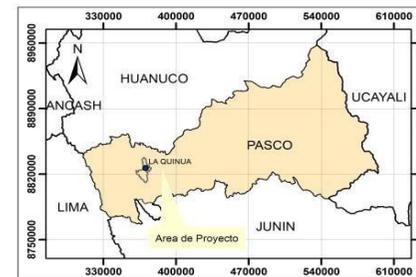
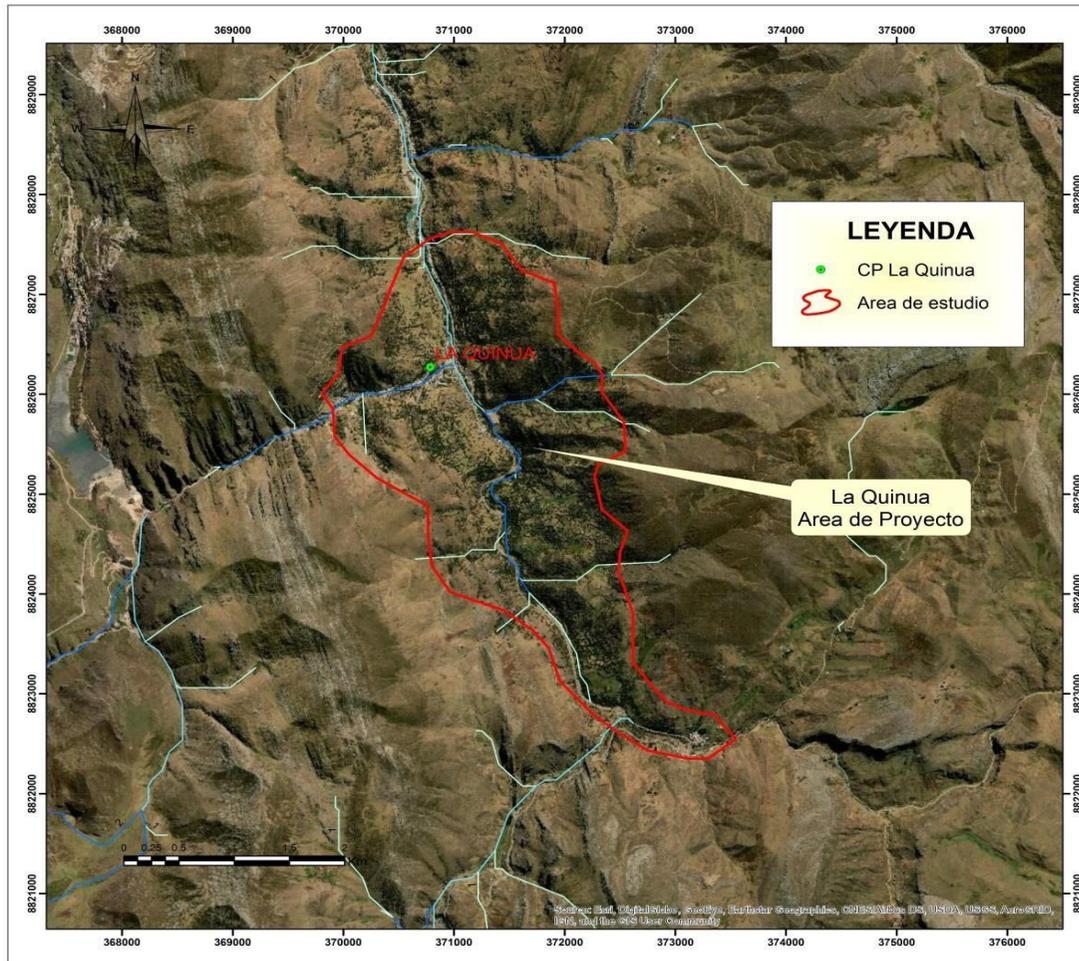


Anexo: Mapas

A. Mapa de ubicación del proyecto de investigación



B. Mapa de la delimitación del área de estudio



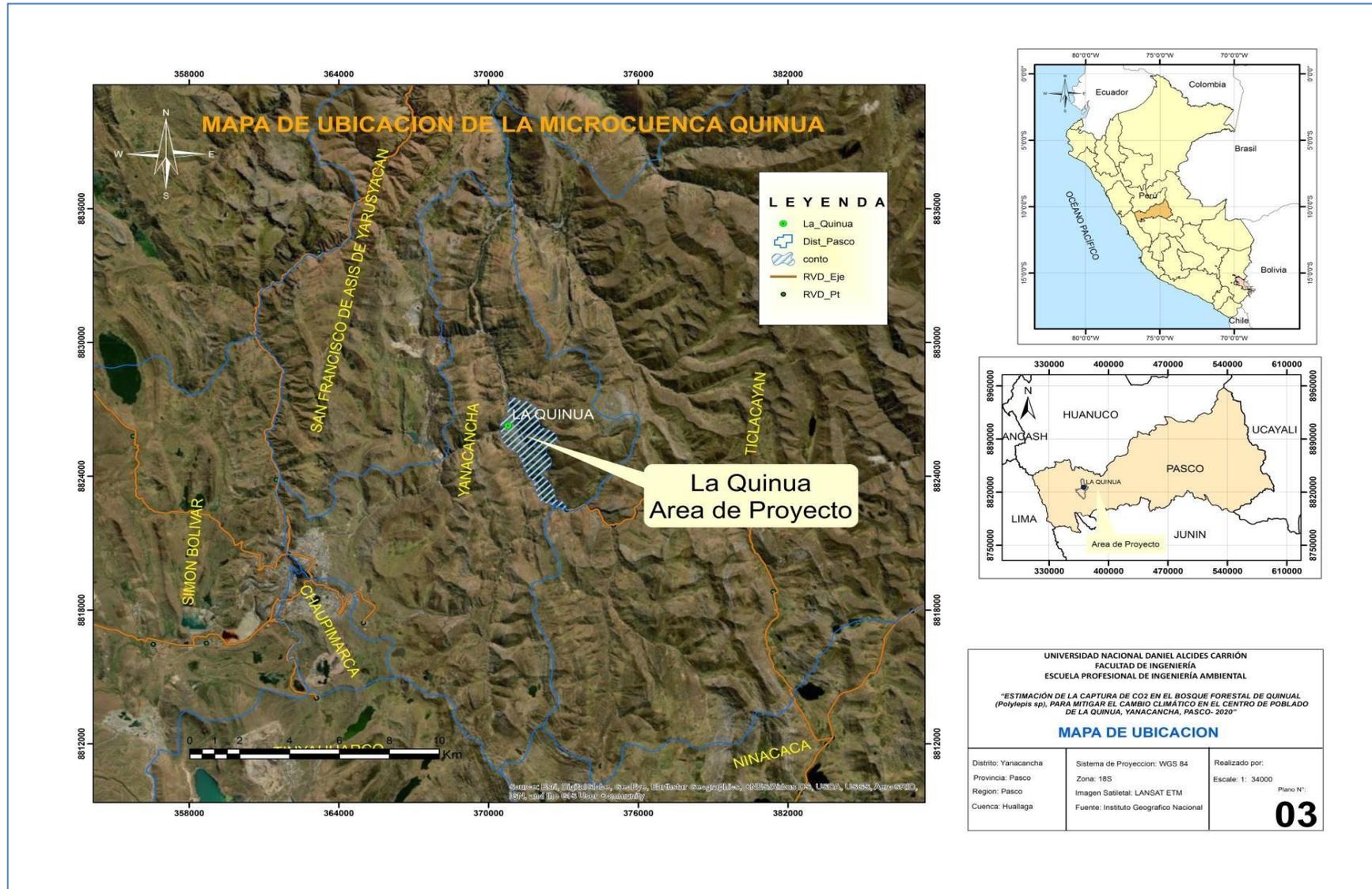
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CO₂ EN EL BOSQUE FORESTAL DE QUINUAL (Polytelia sp.) PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CENTRO DE POBLADO DE LA QUINUA, YANACANCHA, PASCO. 2020"

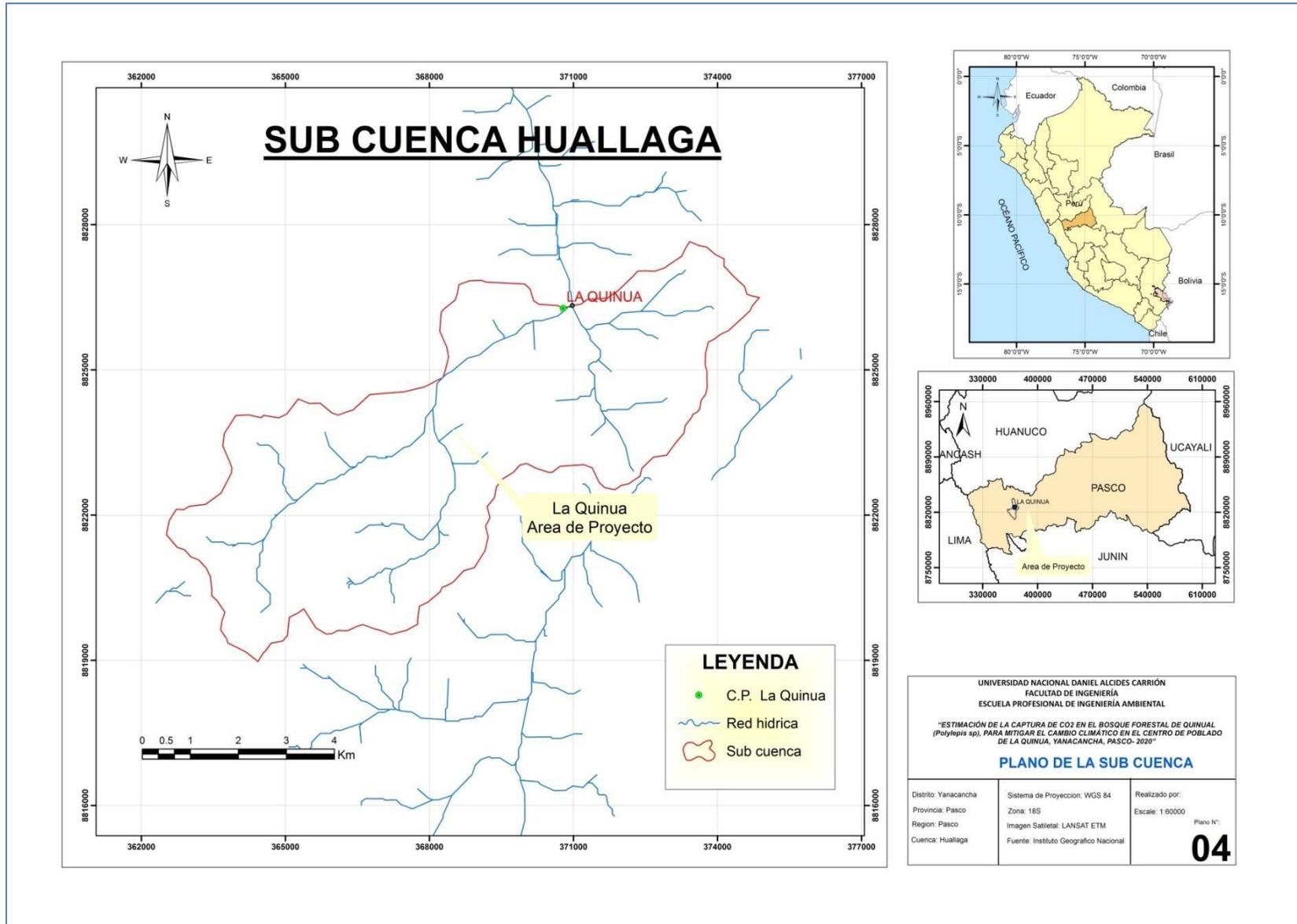
DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

Distrito: Yanacancha	Sistema de Proyeccion: WGS 84	Realizado por:
Provincia: Pasco	Zona: 18S	Escala: 1: 34517
Region: Pasco	Imagen Satietal: LANSAT ETM	Plano N°:
Cuancua: Hualfaga	Fuente: Instituto Geografico Nacional	02

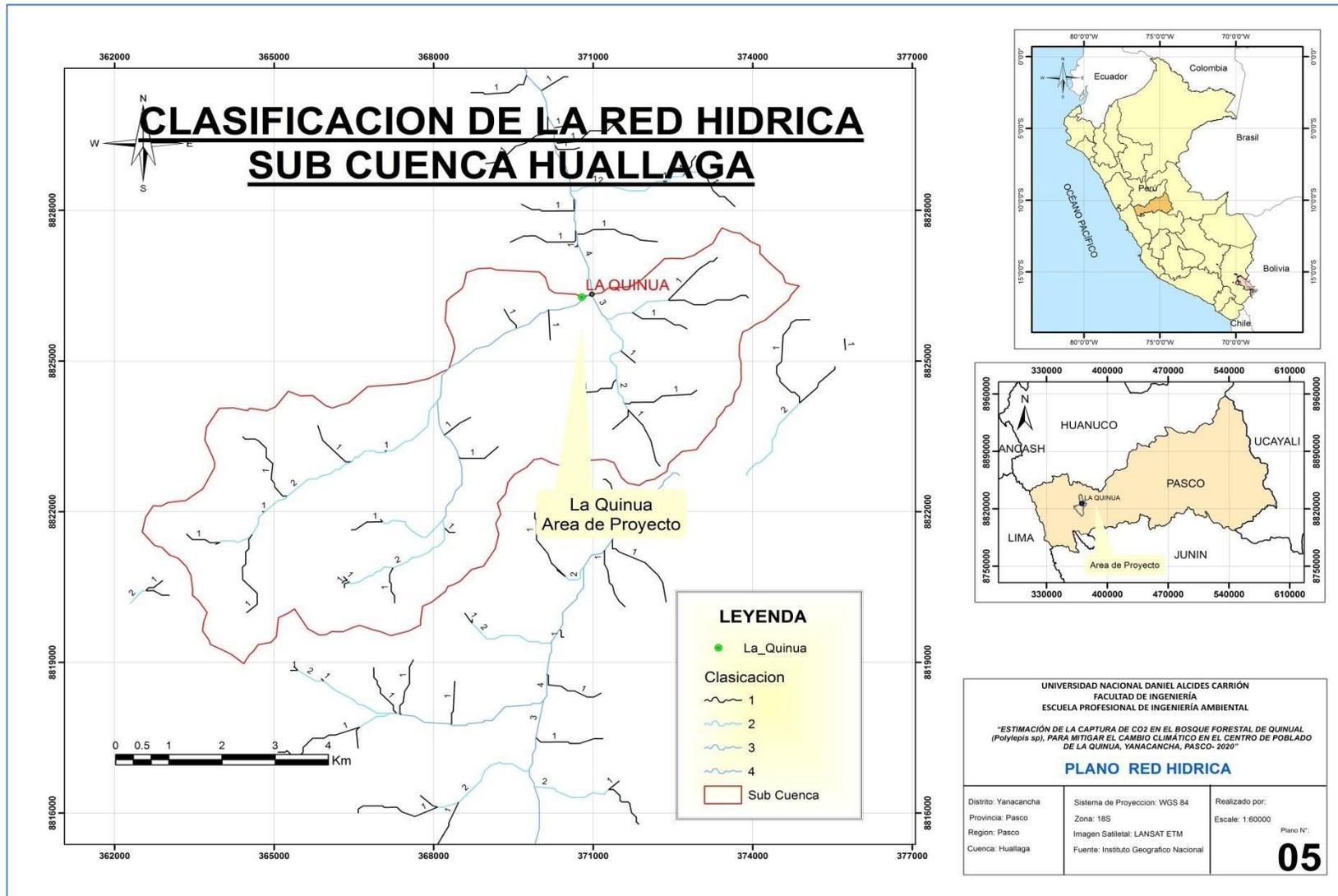
C. Mapa de ubicación de la microcuenca La Quinua.



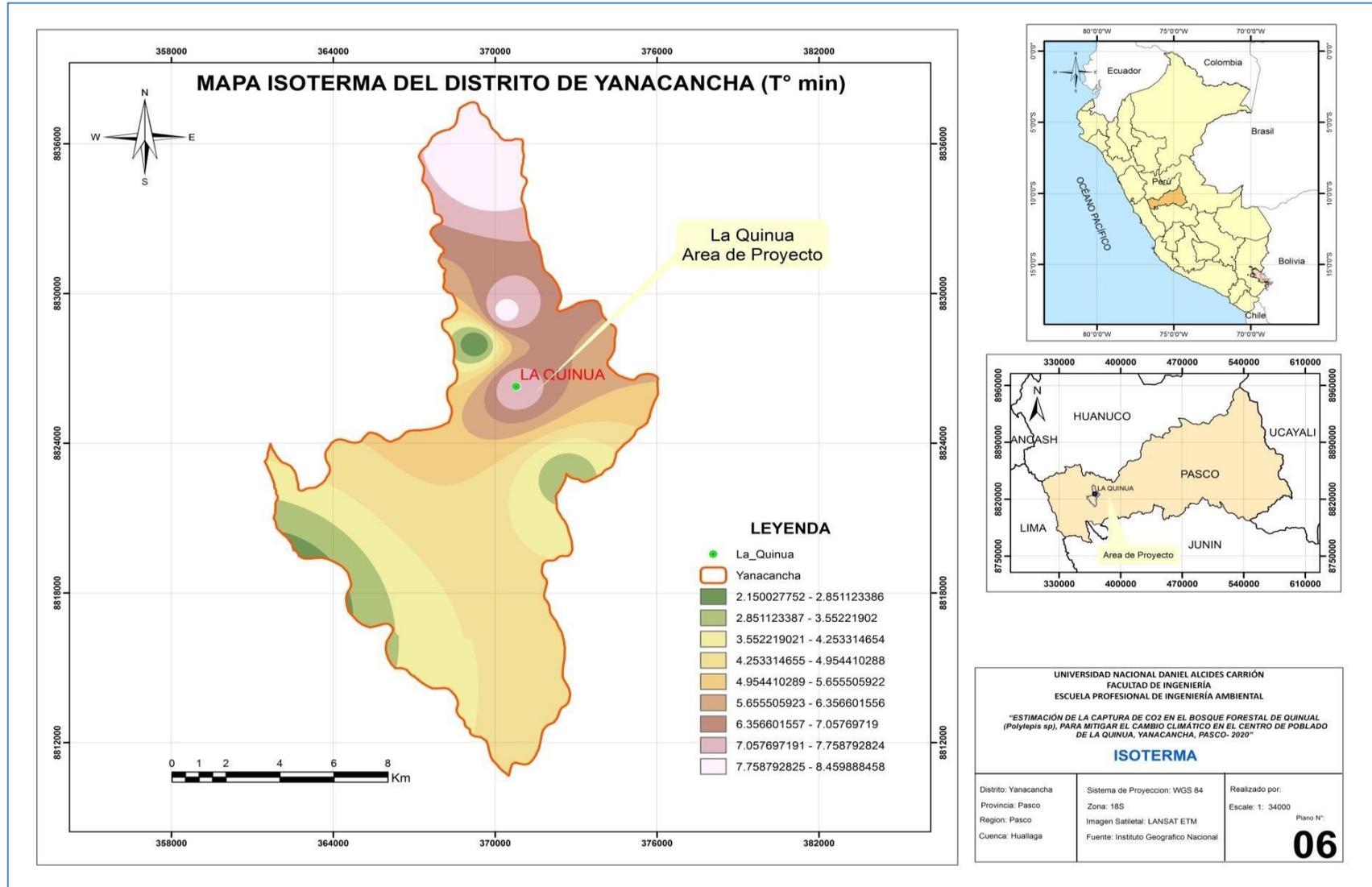
D. Mapa de la red hídrica de la Sub Cuenca Huallaga



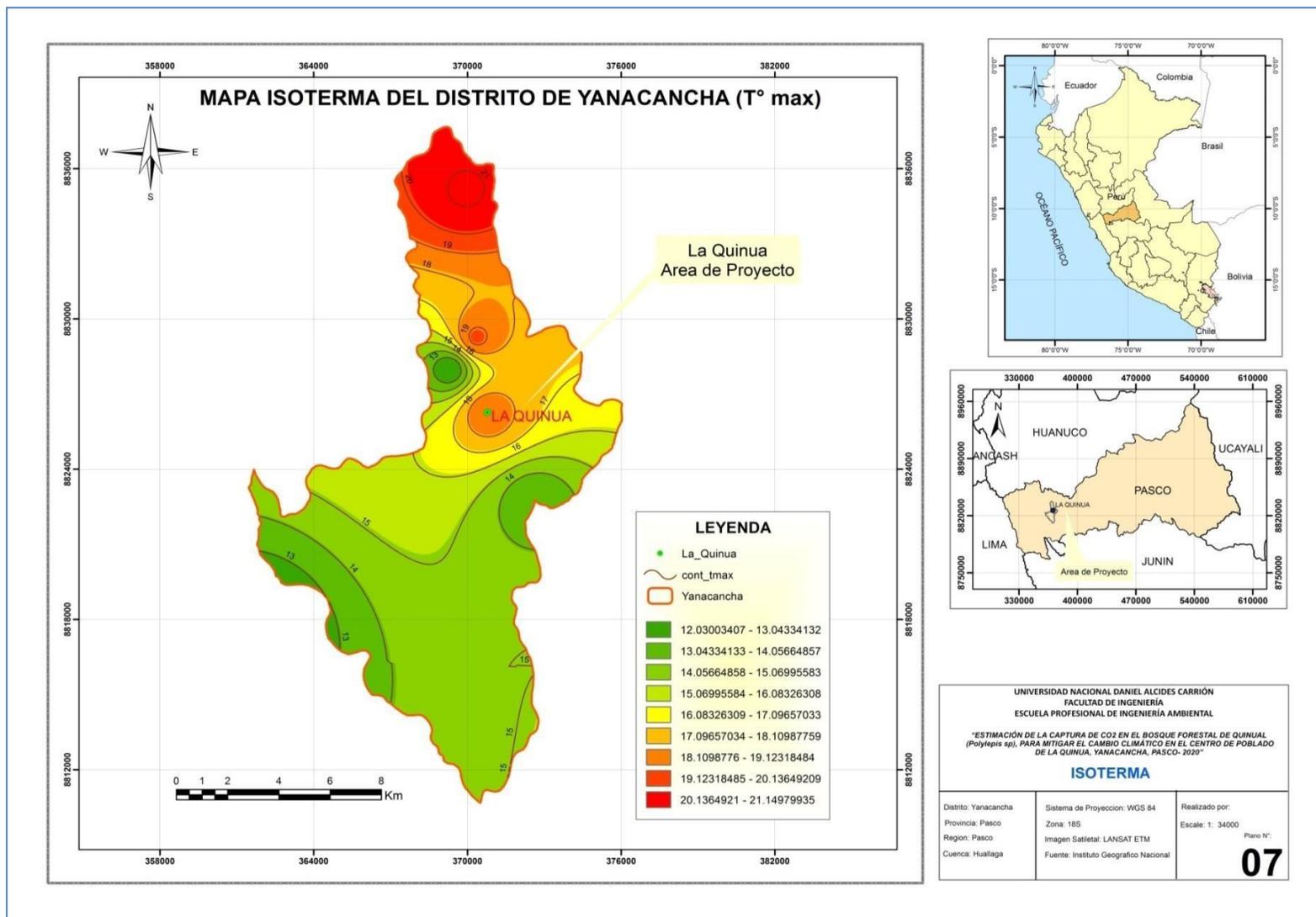
E. Mapa de clasificación de los cauces de la Red Hídrica de la Sub Cuenca Huallaga



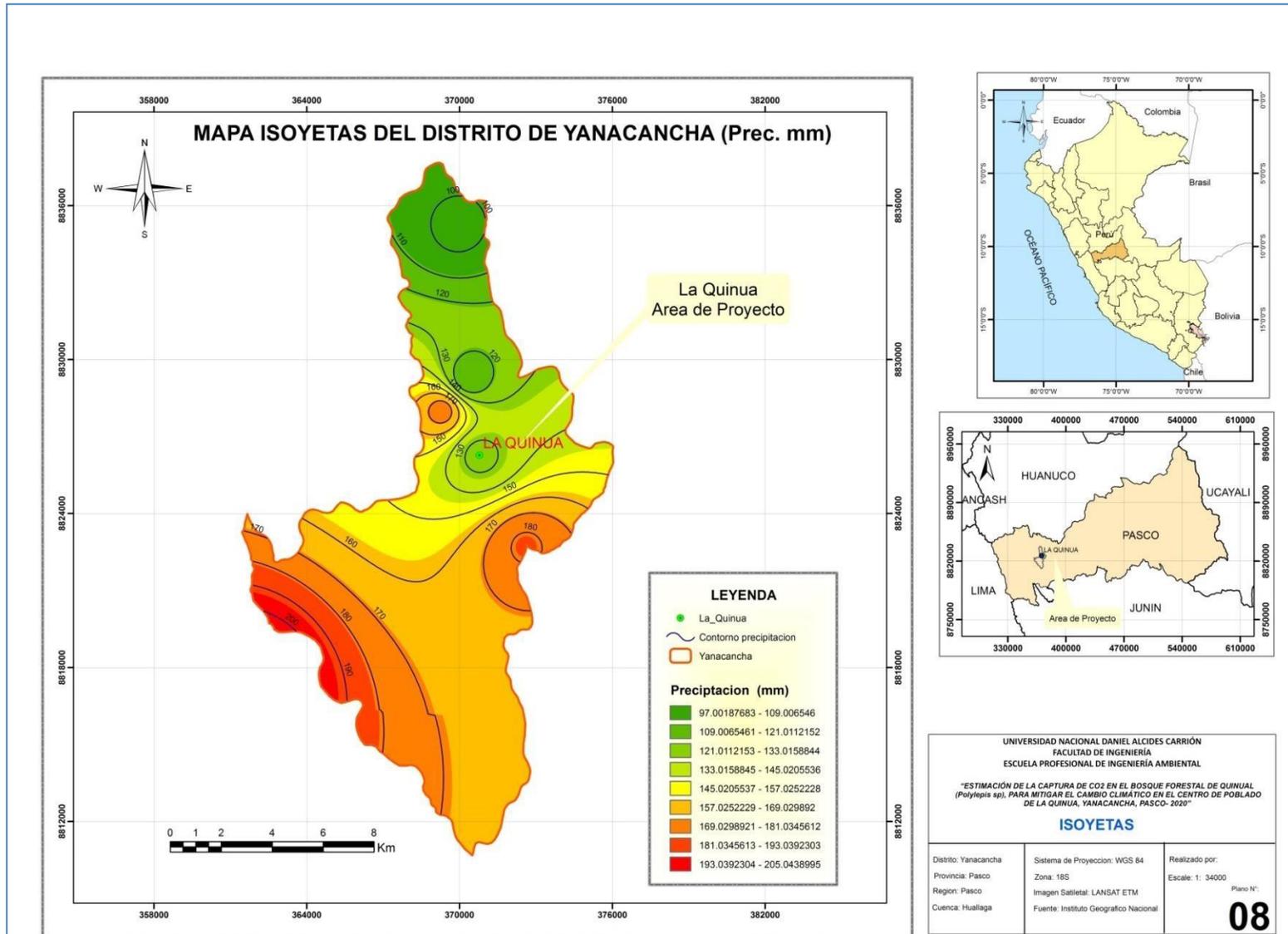
F. Mapa Isoterma del distrito de Yanacancha (T° min)



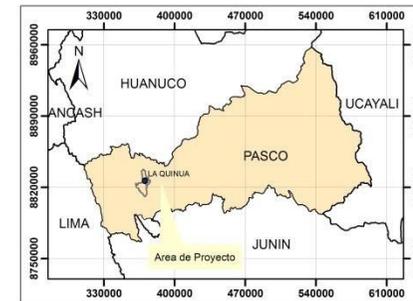
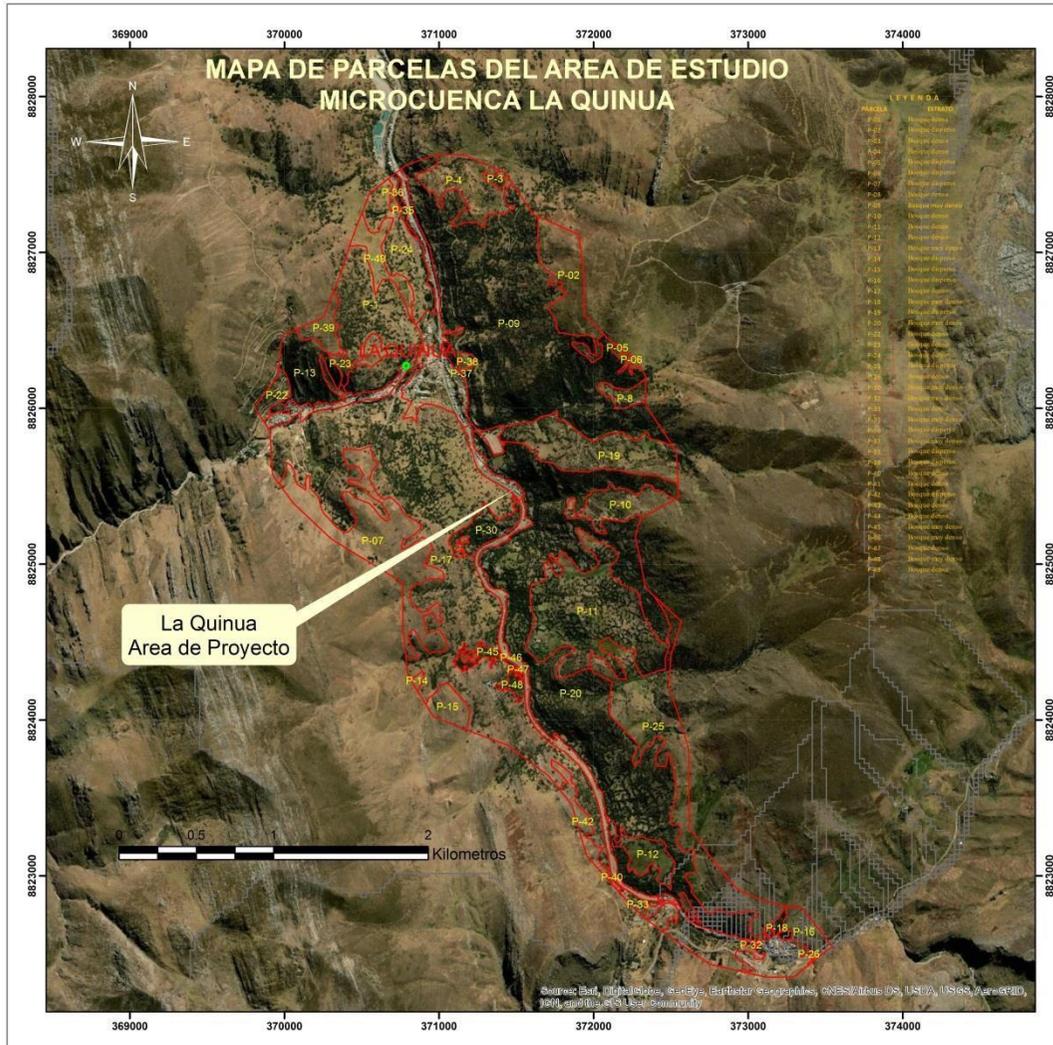
G. Mapa Isoterma del distrito de Yanacancha (T° max.)



H. Mapa Isoyetas del distrito de Yanacancha (Prec. mm)



I. Mapa de parcelas del área de estudio



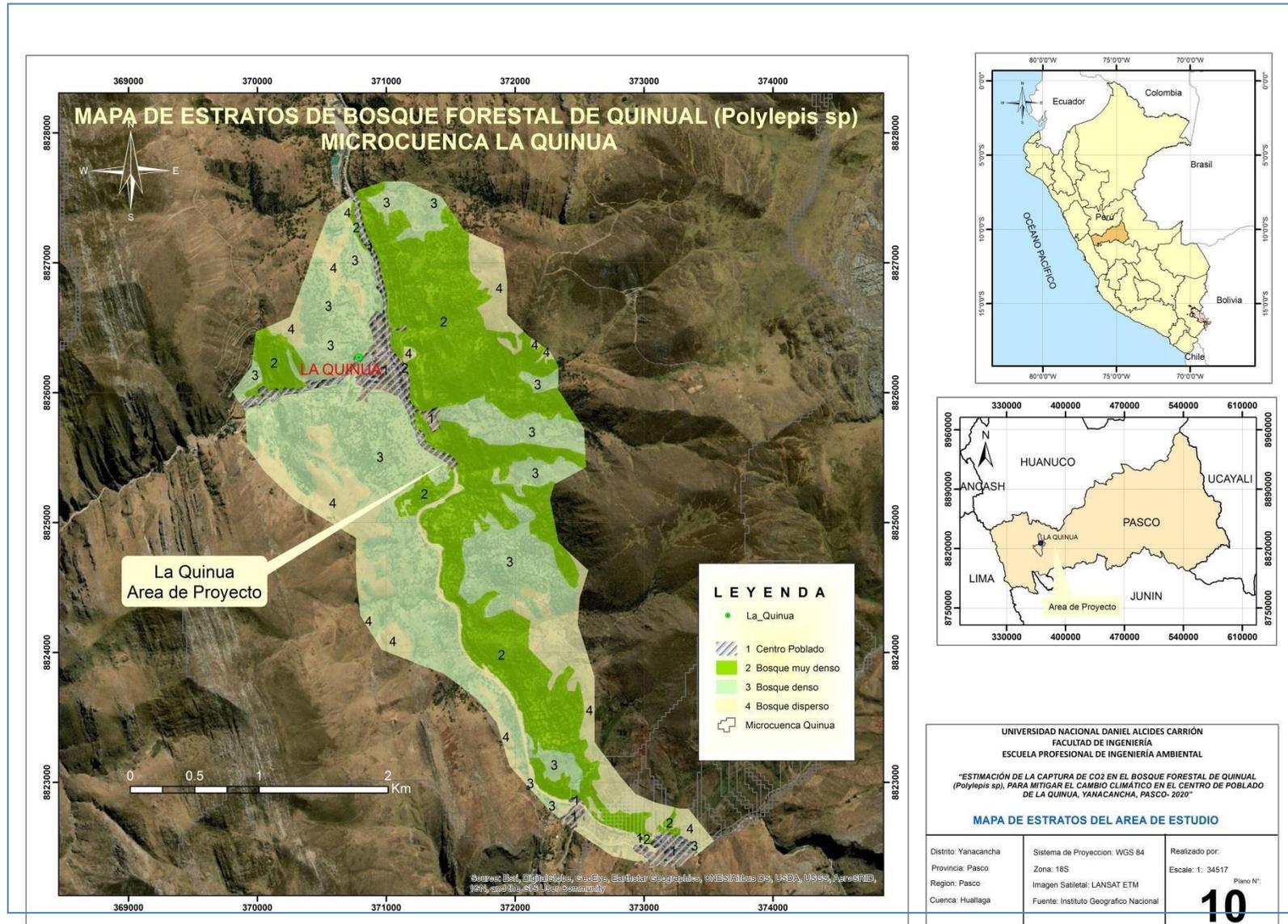
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CO₂ EN EL BOSQUE FORESTAL DE QUINUAL
 (*Polytepis sp.*) PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CENTRO DE POBLADO
 DE LA QUINUA, YANACANCHA, PASCO- 2020"

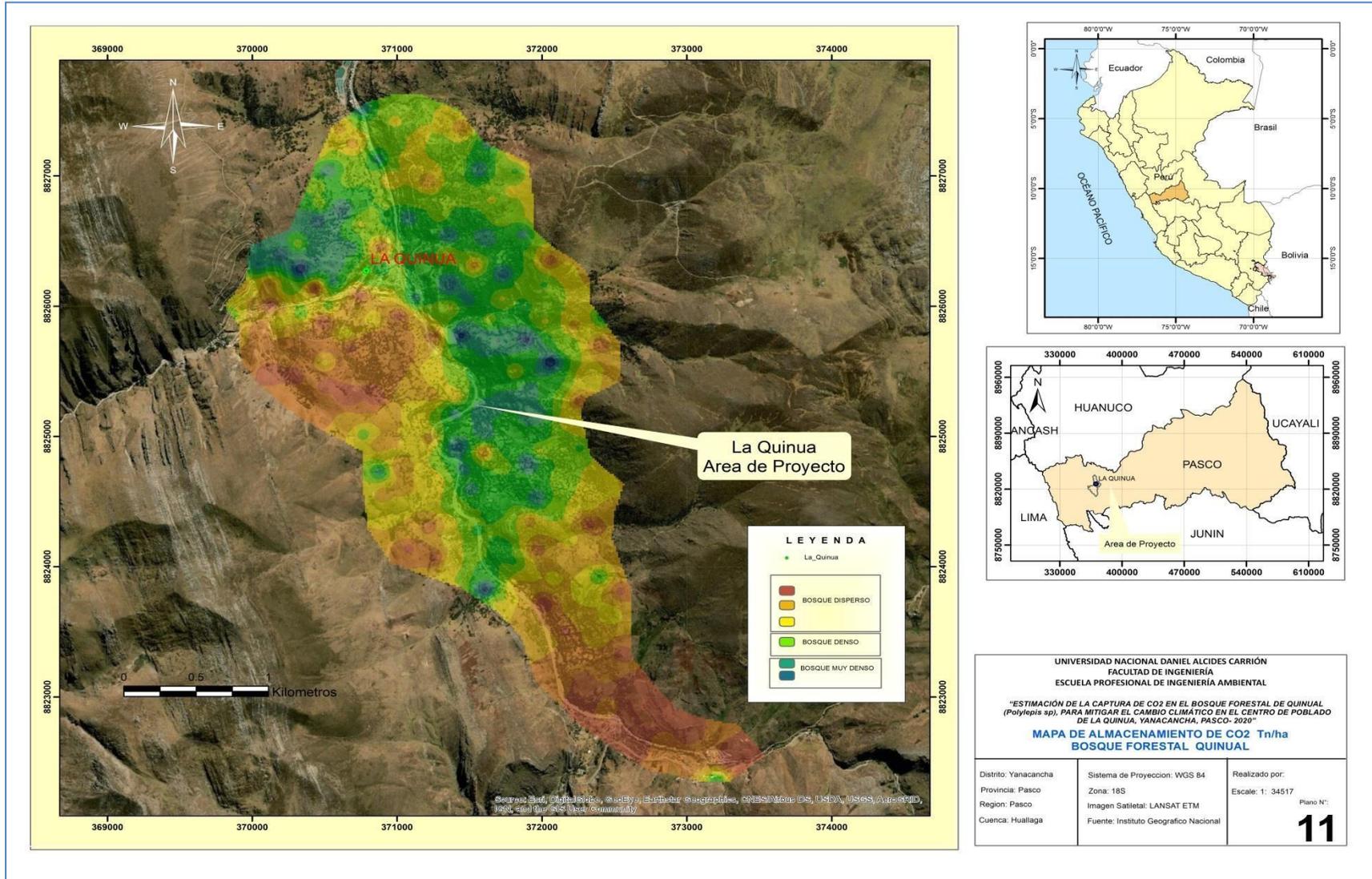
MAPA DE PARCELAS DE AREA DE ESTUDIO

Distrito: Yanacancha	Sistema de Proyeccion: WGS 84	Realizado por:
Provincia: Pasco	Zona: 18S	Escala: 1: 34517
Region: Pasco	Imagen Satelital: LANSAT ETM	Plano N°:
Cuenca: Huallaga	Fuente: Instituto Geografico Nacional	09

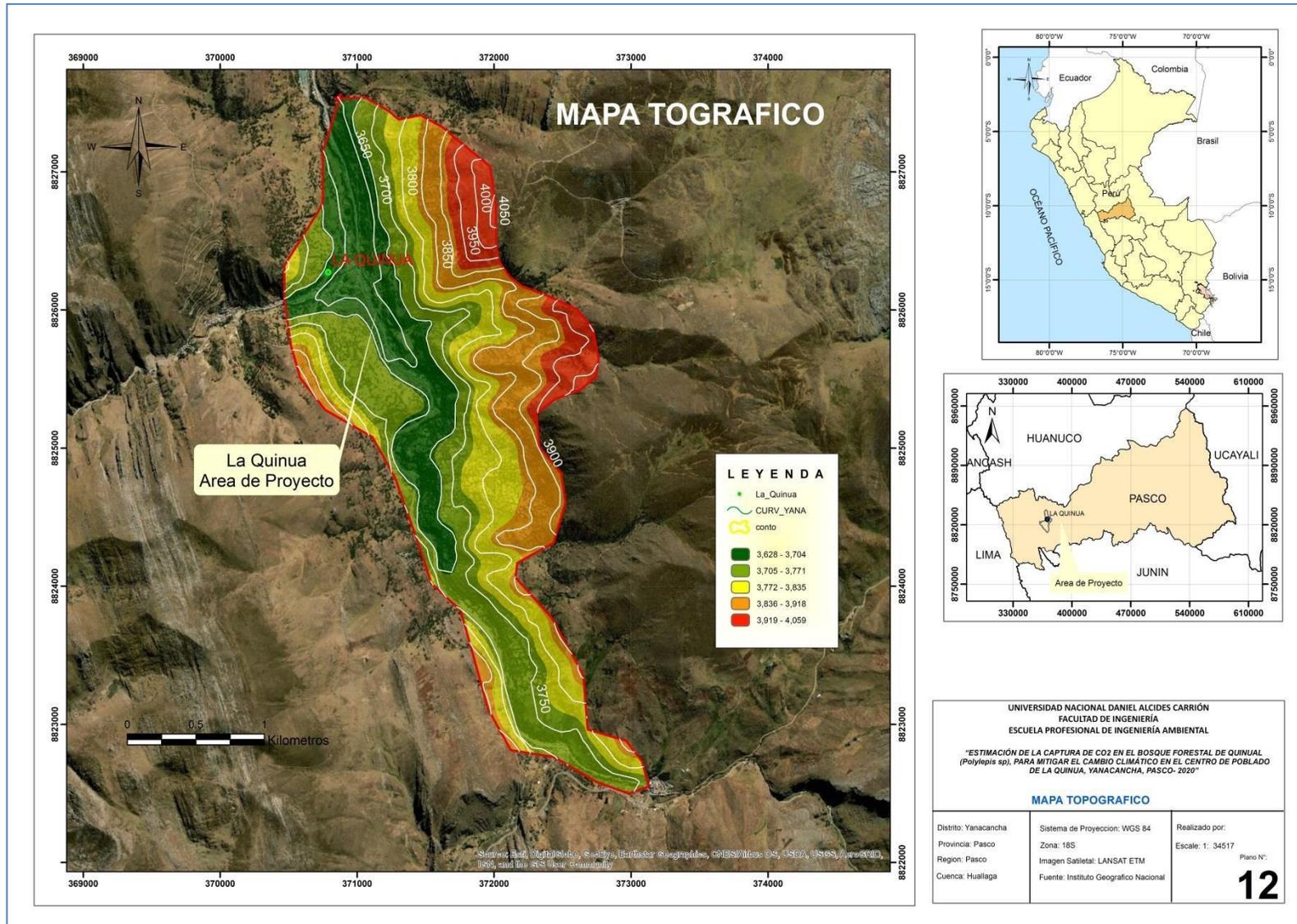
J. Estratos de Bosque Forestal de Quinual (Polylepis sp)



K. Mapa de almacenamiento de CO2 Bosque forestal Quinual



L. Mapa topográfico de la Microcuenca La Quinua (Polylepis sp)



FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora
COLQUI HUAMAN ANTONIO	INGENIERO	DIRESA PASCO
Nombre del Instrumento de Evaluación		Autor (a) del Instrumento
Formato para el inventario de almacenamiento de dióxido de carbono en el bosque forestal de quinuá (<i>Polylepis sp</i>), para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinuá, Yanacancha, Pasco - 2020		Brayan Stiven CARLOS BRAVO
Título de la tesis:	Estimación de la captura de CO ₂ en el bosque forestal de quinuá (<i>Polylepis sp</i>), para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinuá, Yanacancha, Pasco - 2020	

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

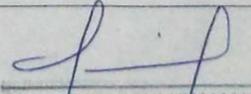
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.				X	
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

Procede su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:

80 %

Cerro de Pasco 25/02/2020	04056501		951430095
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto	Nº Celular

Antonio COLQUI HUAMAN
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD PASCO

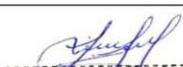
FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora
YANCE SOTO JACKELINE	TITULADA	GESTIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C.
Nombre del Instrumento de Evaluación		Autor (a) del Instrumento
Formato para el inventario de almacenamiento de dióxido de carbono en el bosque forestal de quinual (<i>Polylepis sp</i>), para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua, Yanacancha, Pasco - 2020		Brayan Stiven CARLOS BRAVO
Título de la tesis:	Estimación de la captura de CO2 en el bosque forestal de quinual (<i>Polylepis sp</i>), para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua, Yanacancha, Pasco - 2020	

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.				X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:	Procede su aplicación			
IV. PROMEDIO VALIDACIÓN:	DE	85%		
Cerro de Pasco 27/02/2020	47964133	 Yance Soto Jackeline Yuleisi  <small>SUPERVISOR DE OPERACIONES GSA-DISAL</small>	990723938	
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto	Nº Celular	

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora
Jhudith Liliana CARLOS PUENTE	Ingeniera	Supervisor de Operaciones Solorzano S.A.C.
Nombre del Instrumento de Evaluación		Autor (a) del Instrumento
Formato para el inventario de almacenamiento de dióxido de carbono en el bosque forestal de quinual (<i>Polylepis sp</i>), para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua, Yanacancha, Pasco - 2020		Brayan Stiven CARLOS BRAVO
Título de la tesis:	Estimación de la captura de CO2 en el bosque forestal de quinual (<i>Polylepis sp</i>), para mitigar el cambio climático en el Centro Poblado de La Quinua, Yanacancha, Pasco - 2020	

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:	Procede su aplicación
------------------------------------	------------------------------

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:	80%
------------------------------------	------------

Cerro de Pasco 24/02/2020	71022876	 <small>Jhudith Liliana Carlos Puente INGENIERA INDUSTRIAL Reg. CIP 205511</small>	999685190
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto	Nº Celular