



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del
título de Ingeniero Forestal**

**“CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO
DE JAMBIMACHI DEL CANTÓN CAYAMBE”**

AUTORA

Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

DIRECTOR

Ing. Mario José Añazco Romero, PhD

IBARRA – ECUADOR

2017

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

“CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO
DE JAMBIMACHI DEL CANTÓN CAYAMBE”

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERA FORESTAL

APROBADO

Ing. Mario José Añazco Romero, PhD

Director de trabajo de titulación

Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs

Tribunal de trabajo de titulación

Ing. Hugo Vinicio Vallejo Alvarez, Mgs

Tribunal de trabajo de titulación

Ing. Fabián Chicaiza Guanoluisa, Mgs

Tribunal de trabajo de titulación



Ibarra - Ecuador

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula de ciudadanía:	1003869813
Apellidos y nombres:	Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana
Dirección:	Pichincha - Pedro Moncayo – La Esperanza
Email:	vivi.g_90@hotmail.com
Teléfono fijo:	022366457 Teléfono 0969962711

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO DE JAMBIMACHI DEL CANTÓN CAYAMBE”
Autora:	Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana
Fecha:	
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniera Forestal
Director:	Ing. Mario José Añazco Romero, PhD

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana, con cédula de ciudadanía N^o. 100386981-3; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.


3. CONSTANCIA

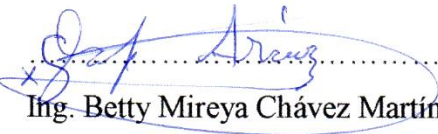
El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 03 de julio del 2017

EL AUTORA:

ACEPTACIÓN:


.....
Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana
C.C.: 100386981-3


.....
Ing. Betty Mireya Chávez Martínez
JEFA DE BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE LA AUTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana, con cédula de ciudadanía N°. 100386981-3; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominado “CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO DE JAMBIMACHI DEL CANTÓN CAYAMBE”, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniera Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

C.C.: 100386981-3

Ibarra, a los 11 días del mes de julio del 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN


Fecha: 11 de julio del 2017

Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana: “CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO DE JAMBIMACHI DEL CANTÓN CAYAMBE” Trabajo de titulación. Ingeniera Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 11 de julio del 2017. 66 páginas.


DIRECTOR: Ing. Mario José Añezco Romero, PhD.

El objetivo general de la presente investigación fue: Determinar el contenido de carbono almacenado en el ecosistema páramos de Jambimachi de la comunidad de Chumillos Alto, de la Parroquia Cangahua del Cantón Cayambe. Entre los objetivos específicos se encuentran: Cuantificar el contenido de carbono total almacenado en el páramo en su estado natural, cuantificar el contenido de carbono total almacenado en la plantación de *Polylepis racemosa* (yagual) y comparar el carbono orgánico almacenado en el páramo en su estado natural y en la plantación de *Polylepis racemosa* (yagual)

Fecha: 11 de julio del 2017



.....
Ing. Mario José Añezco Romero, PhD.
Director de trabajo de titulación



.....
Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana
Autora

DEDICATORIA

Dedicado principalmente a Dios y a la Virgen de Chiquinquirá por darme la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación académica.

A mis padres Eduardo y Marcia por ser los pilares más importantes, por su amor, comprensión y apoyo incondicional.

A mi hija Jhuliana quien ha sido mi fuente de inspiración, motivación, y por quien las ganas de superarme se han elevado.

A mis hermanos Edison y Mayra por estar siempre presentes acompañándome en cada paso que he tenido que dar.

Y a mí amado compañero de vida Jhony por apoyarme en todos los retos que he tenido que superar, por su compañía y amor absoluto.

VIVIANA

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a Eduardo Guachamin mi padre por ayudarme con los recursos para culminar con éxito esta etapa de mi vida y poder llegar hasta donde he llegado y alcanzar este sueño tan anhelado.

A mi director de tesis Ing. Mario Añazco por brindarme su tiempo, conocimiento y paciencia. Por ser mi mentor en el desarrollo de esta investigación.

A mis asesores; Ing. Hugo Vallejos, Ing. Eduardo Chagna, Ing. Fabián Chicaiza, por su paciencia, dedicación y apoyo en la realización de todo el proceso de investigación con su valioso aporte técnico y científico.

A mi compañero y amigo Cristian C. por brindarme su amistad, su apoyo y ánimo en estos años que hemos compartido en las aulas

Son muchas las personas que de una u otra manera han contribuido en el desarrollo de esta investigación, a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía. Sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

¡A todos ustedes, gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Págs.
Aprobado.....	ii
Identificación de la obra.....	iii
Autorización de uso a favor de la universidad.....	iv
Cesión de derechos de la autora.....	v
Registro bibliográfico.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Agradecimiento.....	viii
Índice de contenidos.....	ix
Índice de anexos.....	xiii
Índice de figura.....	xiv
Índice de gráficos.....	xv
Índice de tablas.....	xvi
Glosario de términos.....	xvii
Resumen.....	xix
Abstract.....	xx
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 General.....	2
1.1.2 Específicos.....	2
1.2 HIPÓTESIS.....	2
1.2.1 Nula.....	2
1.2.2 Alternativa.....	2
CAPITULO II	
2 MARCO TEORICO.....	3
2.1 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	3
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
2.2.1 Cambio climático.....	3
2.2.1.1 Variabilidad climática.....	4
2.2.1.2 Causas del cambio climático.....	4

2.2.1.2.1	Cambio de uso de suelo.....	5
2.2.1.2.2	Agricultura.....	5
2.2.1.2.3	Uso excesivo de fertilizantes.....	5
2.2.1.2.4	Incendios forestales.....	6
2.2.2	Efecto invernadero.....	6
2.2.2.1	Gases de efecto invernadero.....	7
2.2.2.2	GEI de larga duración.....	7
2.2.2.3	Estrategias para contrarrestar el cambio climático.....	8
2.2.2.3.1	Mitigación.....	8
2.2.2.3.2	Adaptación.....	9
2.2.2.4	Cambio climático en Ecuador.....	9
2.2.2.4.1	Estrategias de cambio climático en el Ecuador.....	9
2.2.2.4.2	Proyectos REDD+.....	9
2.2.2.4.3	Acciones implementadas.....	10
2.2.3	Páramos.....	10
2.2.3.1	Páramos del Ecuador.....	10
2.2.3.2	Diversidad florística de los páramo.....	13
2.2.3.3	Plantaciones forestales en el páramo.....	13
2.2.3.4	Plantaciones de Polylepis.....	14
2.2.3.5	Servicios ambientales del páramo.....	14
2.2.3.6	Ciclo del carbono.....	15
2.2.3.7	Carbono en la naturaleza.....	15
2.2.3.8	El carbono en los páramos.....	16
2.2.3.9	Suelos de los páramos.....	16
2.2.3.9.1	El páramo como espacio de almacenamiento de carbono.....	16
2.2.4	Investigaciones relacionadas.....	17
2.2.4.1	El páramo y su potencial de captura de carbono-Colombia	17
2.2.4.2	Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y biomasa de los páramos-Riobamba.....	18
2.2.4.3	Cuantificación de carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri-Loja	18
2.2.4.4	Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestal y forestal – Nicaragua.....	18
2.2.4.5	Potencial de captura y almacenamiento de CO ₂ en el valle de Perote – México	19

2.2.4.6	Cuantificación de carbono total almacenado en suelos de páramos en las comunidades de Shobol –Chimborazo.....	19
---------	---	----

CAPÍTULO III

3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1	UBICACIÓN DEL ESTUDIO.....	20
3.1.1	Ubicación Política.....	20
3.1.1.1	Campo.....	20
3.1.1.2	Laboratorio.....	20
3.1.2	Geográfica.....	20
3.1.3	Límites.....	20
3.2	DATOS CLIMÁTICOS.....	21
3.3	MATERIALES Y EQUIPOS.....	21
3.3.1	Materiales.....	21
3.3.2	Equipos.....	22
3.4	METODOLOGÍA.....	22
3.4.1	Área de investigación.....	22
3.4.2	Definición del universo.....	22
3.4.3	Marco muestral.....	23
3.4.3.1	Distribución y tamaño de los conglomerados, parcelas y sub parcelas.....	25
3.4.4	Toma de muestras.....	26
3.4.4.1	Biomasa viva (Bv).....	26
3.4.4.1.1	Páramo.....	26
3.4.4.1.2	Plantación de <i>Polylepis racemosa</i>	26
3.4.4.2	Biomasa muerta, materia orgánica - Detritus (Bm).....	26
3.4.4.2.1	Páramo.....	26
3.4.4.2.2	Plantación de <i>Polylepis racemosa</i>	26
3.4.4.3	Raíces (r).....	27
3.4.4.4	Suelo (s).....	27
3.4.5	Procedimiento de cálculos.....	27
3.4.5.1	Suelo.....	28
3.4.6	Cálculo de carbono total en el páramo y en la plantación de <i>Polylepis racemosa</i>	29
3.4.7	Comparación del carbono de la plantación y el páramo en su estado natural.....	29

CAPITULO IV	
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....30
4.1	Contenido de carbono en el páramo..... 30
4.2	Contenido de carbono en la plantación de <i>Polylepis racemosa</i> 32
4.3	Análisis comparativo del carbono orgánico almacenado en el páramo en su estado natural y en la plantación de <i>Polylepis racemosa</i>35
1.1	Discusión..... 36
CAPÍTULO V..... 38	
5	CONCLUSIONES.....38
CAPÍTULO VI.....39	
6	RECOMENDACIONES.....39
7	BIBLIOGRAFÍA.....40

ÍNDICE DE ANEXOS

	Págs.
<i>Anexo 1. Mapas.....</i>	<i>44</i>
<i>Anexo 1.1. Mapa de la distribución de los conglomerados en el páramo.....</i>	<i>44</i>
<i>Anexo 1.2. Mapa de la distribución de los conglomerados en la plantación.....</i>	<i>45</i>
<i>Anexo 2. Resultados de laboratorio.....</i>	<i>46</i>
<i>Anexo 2.1. Resultados del laboratorio – suelo del páramo.....</i>	<i>46</i>
<i>Anexo 2.2. Resultados del laboratorio – suelo de la plantación.....</i>	<i>47</i>
<i>Anexo 3. Gráficos.....</i>	<i>48</i>
<i>Anexo 3.1. Porcentaje de carbono en el suelo del páramo.....</i>	<i>48</i>
<i>Anexo 3.2. Porcentaje de carbono en el suelo de la plantación.....</i>	<i>48</i>
<i>Anexo 3.3. Regresión altura total Vs biomasa.....</i>	<i>49</i>
<i>Anexo 3.4. Regresión diámetro total Vs biomasa.....</i>	<i>49</i>
<i>Anexo 4. Tablas.....</i>	<i>50</i>
<i>Anexo 4.1 Datos de las muestras tomadas en el páramo.....</i>	<i>50</i>
<i>Anexo 4.2 Cálculo de carbono del páramo y extrapolación de datos.....</i>	<i>51</i>
<i>Anexo 4.3. Cálculo de carbono en el suelo del páramo.....</i>	<i>51</i>
<i>Anexo 4.4 Datos de peso verde y peso seco de las muestras tomadas en la plantación.....</i>	<i>52</i>
<i>Anexo 4.5. Resultados de estimadores estadísticos de la plantación.....</i>	<i>53</i>
<i>Anexo 4.6 Datos para la obtención de la formula alométrica.....</i>	<i>54</i>
<i>Anexo 4.7 Resultados de R²</i>	<i>55</i>
<i>Anexo 4.8. Variables de la formula alométrica.....</i>	<i>55</i>
<i>Anexo 4.9. Cálculo de carbono en el suelo de la plantación</i>	<i>56</i>
<i>Anexo 4.10. Aplicación de formula alometrica en el plantacion</i>	<i>57</i>
<i>Anexo 4.11. Aplicación de la ecuación alometrica</i>	<i>58</i>

ÍNDICE DE FIGURA

	Págs.
<i>Figura 1.</i> Efecto invernadero.....	7
<i>Figura 2.</i> Distribución de los páramos en el Ecuador.....	12
<i>Figura 3.</i> Mapa de ubicación de Cangahua.....	20
<i>Figura 4.</i> Forma y distribución de los conglomerados.....	23
<i>Figura 5.</i> Forma y distribución de las parcelas.....	24
<i>Figura 6.</i> Forma y distribución de las sub-parcelas en las parcelas de 10x10m.....	24
<i>Figura 7.</i> Ecuación alométrica.....	31

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Págs.
<i>Gráfico 1.</i> Carbono de los 3 stocks del páramo.....	30
<i>Gráfico 2.</i> Carbono en el suelo del páramo.....	31
<i>Gráfico 3.</i> Carbono de los 3 stocks de la plantación.....	33
<i>Gráfico 4.</i> Carbono en el suelo de la plantación.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
<i>Tabla 1.</i> Total de carbono almacenado en el páramo.....	29
<i>Tabla 2.</i> Total de carbono almacenado en el suelo del páramo.....	30
<i>Tabla 3.</i> Total de carbono almacenado en la plantación.....	32
<i>Tabla 4.</i> Total de carbono almacenado en el suelo de la plantación	33
<i>Tabla 5.</i> Análisis comparativo del carbono en el páramo y la plantación.....	35

GLOSARIO DE TÉRMINOS

C:	Carbono
CFC	Clorofluorocarbonos
CH:	Contenido de humedad
CH₄:	Metano
CIIFEN	Centro internacional para la investigación del fenómeno de El niño
CO₂:	Dióxido de carbono
COP:	Conferencia de las partes
ENCC	Estrategia Nacional del Cambio Climático en el Ecuador
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FONAG:	Fondo para la Protección de Agua
GEI:	Gases de efecto invernadero
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global
Ha:	Hectáreas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change Panel Intergubernamental contra el Cambio Climático
Kg:	Kilogramos
m:	Metros
m²	Metro cuadrado

m³:	Metros cúbicos
MAE:	Ministerio del Ambiente el Ecuador
MDL:	Mecanismo Desarrollo Limpio
MO	Materia orgánica
Msnm:	Metros sobre el nivel del mar
NO₂	Dióxido de nitrógeno
O₃	Ozono
PACC	Proyecto de adaptación al cambio climático
PEPFR	Planificación estratégica plantaciones forestales en el Ecuador
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNDU	Política nacional de desarrollo urbano
REDD+	Reducción de emisión de gases de efecto invernadero causadas por la deforestación y degradación de los bosques
TonC/ha	Toneladas de carbono por hectárea
TCO₂/año	Toneladas de dióxido de carbono por año
Ton:	Toneladas
SF₆	Hexafluoruro de azufre
WRBSR	World reference Base for Soil Resources

**TITULO: “CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL ECOSISTEMA
PÁRAMO DE JAMBIMACHI DEL CANTÓN CAYAMBE”**

Autora: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

Director de trabajo de titulación: Ing. Mario José Añazco Romero PhD.

Año: 2017

RESUMEN

El aumento de la temperatura de la atmósfera provocado por la emisión de los gases de efecto invernadero ha generado una gran preocupación a nivel mundial por el advenimiento del cambio climático. Se ha documentado que los páramos son considerados grandes sumideros de carbono, ya que sus condiciones climáticas han permitido que el carbono se mantenga almacenado en el suelo.

La presente investigación se orienta a determinar el contenido de carbono almacenado en el ecosistema páramo de Jambimachi de la comunidad de Chumillos Alto, de la Parroquia Cangahua del Cantón Cayambe. Se realizó el estudio del contenido de carbono en cuatro stocks: biomasa viva, biomasa muerta, raíces y suelo; en el páramo y en la plantación de *Polylepis racemosa*. Se ejecutó un muestreo sistemático estratificado de acuerdo con la metodología del IPCC.

A través del estudio se determinó que en el páramo en estado natural, el suelo es el que mayor contenido de carbono almacena con el 55%, la biomasa viva 30%, biomasa muerta con 6% y raíces 9%, y en la plantación el 99% corresponde al carbono almacenado en el suelo y el 1% a los otros stocks, la relación existente entre el suelo y los otros stocks fue mínima.

Se observaron grandes diferencias con los datos de otras investigaciones, lo que puede darse por las variables de clima, altitud y otros factores. El páramo en su estado natural fue el que mayor contenido de carbono almacena, lo que indica que la implementación de plantaciones de conservación no es necesariamente positivas para el almacenamiento de carbono.

TITLE: "CAPTURE AND STORAGE OF CARBON IN THE ECOSYSTEM MOORLAND OF JAMBIMACHI FROM CAYAMBE CITY"

Author: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

Director of degree work: Ing. Mario José Añezco Romero PhD.

Year: 2017

ABSTRACT

The increase in the temperature of the atmosphere caused by the emission of greenhouse gases has generated great concern worldwide for the advent of climate changes. It has been documented that moorlands are considered to be large carbon sinks, as their climatic conditions have allowed carbon to be stored in the soil.

This research is oriented to determine the carbon content stored in the Jambimachi moorland ecosystem of the community of Chumillos Alto, in Cangahua, a parish of Cayambe City. The carbon content was studied in four stocks: living biomass, dead biomass, roots and soil; in the moorland and in the plantation of *Polylepis racemosa*. Stratified systematic sampling was performed according to the IPCC methodology.

Through the study, it was determined that the moorland in its natural state shows that the soil is the one with the highest carbon content stored with 55%, living biomass 30%, dead biomass with 6% and roots 9%, and in plantation 99% belongs to the carbon stored in the soil and 1% to the other stocks, the relationship between the soil and other stocks was minimal.

Large differences were observed with data from other researches, which may be due to the variables of climate, altitude and other factors. The moorland in its natural state was the one with the highest carbon content stored, which shows that the implementation of conservation plantations are not necessarily positive for the storage of carbon

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existe preocupación por el cambio climático generado fundamentalmente por el aumento de temperatura de la atmósfera esto como consecuencia del incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), entre los principales están: el metano (CH₄), Óxido Nitroso (NO₂) y dióxido de carbono (CO₂); estos GEI son producidos principalmente por las actividades humanas (Bermejo, 2010). La preocupación mundial ha incrementado por ello cada año se realiza las COP (conferencia de las partes) donde se discuten y se plantean medidas de la reducción y estabilización de los GEI (Añazco, 2016).

Los páramos del Ecuador ofrecen servicios ambientales tales como la regulación hidrológica, conservación de suelo, almacenamiento y captura de carbono; este es uno de los ecosistemas con mayor capacidad de almacenar carbono, ya que cuenta con suelos profundos y temperaturas bajas lo que hace que la descomposición de la materia orgánica sea lenta y el carbono se mantenga almacenado en el suelo; dadas las grandes cantidades de carbono que se almacenan en este ecosistema podría representar una gran oportunidad para ingresar en los mercados de carbono (Mena & Hofstede, 2006).

Los páramos de Jambimachi pertenecientes a la comunidad de Chumillos Alto, en los últimos años se han expuesto a un incremento del cambio de uso del suelo, lo que implica la remoción de la cobertura vegetal y las quemadas que contribuyen a la liberación de CO₂ (Cobacango, 2016). Los representantes de las comunidades en su afán de recuperar este ecosistema han tomado medidas de recuperación mediante la implementación de plantaciones de conservación con la especie *Polylepis racemosa* (yagual).

Resulta importante conocer la capacidad de almacenamiento de carbono que tiene el páramo en su estado natural y aquel que ha tenido un incremento en su diversidad, por lo que la presente investigación cuantificó el contenido de carbono y con estos resultados se anhela contribuir al adecuado manejo de los páramos de la comunidad de Chumillos Alto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

Determinar el contenido de carbono almacenado en el ecosistema páramos de Jambimachi de la comunidad de Chumillos Alto, de la parroquia Cangahua del cantón Cayambe.

1.1.2 Específicos

- Cuantificar el contenido de carbono total almacenado en el páramo en su estado natural.
- Cuantificar el contenido de carbono total almacenado en la plantación de *Polylepis racemosa* (yagual)
- Comparar el carbono orgánico almacenado en el páramo en su estado natural y en la plantación de *Polylepis racemosa* (yagual)

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Nula

El carbono almacenado en la plantación de *Polylepis racemosa* es mayor que el carbono del páramo en su estado natural

1.2.2 Alternativa

El carbono almacenado en la plantación de *Polylepis racemosa* es menor que el carbono del páramo en su estado natural

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO

2.1 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El presente estudio de enmarco en la línea de investigación de la carrera: Producción y protección sustentable de los recursos forestales, y en el objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017 y dentro de estas en las políticas y lineamientos que constan en el numeral 7.10. El contenido del objetivo, políticas y lineamientos mencionados se detallan a continuación:

A) Objetivo 7 del PNBV: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global. **Políticas y lineamientos estratégicos 7.10 del PNBV:** Implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático para reducir la vulnerabilidad económica y ambiental con énfasis en grupos de atención prioritaria. **Literal h:** Promover la investigación aplicada, el desarrollo, la transferencia y la desagregación de tecnología, valorando el conocimiento y las prácticas ancestrales sustentables para la prevención, la mitigación y la adaptación al cambio climático.

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Resulta importante conocer que existen dos términos relevantes que se deben diferenciar, estos son: cambio climático y variabilidad climática

2.2.1 *Cambio climático*

Veléz & Lagos (2009) Definen al cambio climático como, la modificación del clima respecto al historial climático a una escala global o regional, en el cual varían todos los parámetros climáticos. Estos cambios climáticos son de origen natural y antropogénico los cuales afectan no solo al ámbito ambiental si no también al social y económico. Así, el cambio climático se ha transformado en el fenómeno que afecta la vida en toda su extensión (Feo, Solano, Beingolea, Aparicio, Villagra, Prieto, García, Jiménez, Betancourt, Aguilar, Beckmann, Gastañaga, Llanos, Osorio & Selveti, 2011).

El cambio climático trae consigo varias consecuencias que afectan directamente a la humanidad las de mayor relevancia son:

- Menor disponibilidad de agua
- Aumento de inundaciones y sequías
- Reducción del rendimiento de la agricultura en zonas de baja latitud
- Pérdida de biodiversidad en áreas tropicales y semiáridas (Herrán, 2012).

2.2.1.1 Variabilidad climática

PACC (citado por CIIFEN 2016) menciona que, la variabilidad climática es una medida del rango en que los elementos climáticos como: temperatura o lluvia varían de un año a otro, incluso puede incluir las variaciones en la actividad de condiciones externas como el número de lluvias en la época lluviosa. Está asociada a la coetaneidad que se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante periodos de tiempos relativamente cortos y se expresa mediante la valoración de las anomalías; esto puede deberse a procesos internos naturales dentro del sistema climático “variabilidad interna”, o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos “variabilidad externa” (PNDU, 2012).

La variabilidad climática es la variación del clima, que se encuentra relacionada con los fenómenos meteorológicos por los que el mundo siempre estuvo afectado; está conexas con los problemas del calentamiento global que se evidencian en el aumento de la temperatura del aire, el deshielo de los glaciares y en el ascenso del nivel del mar, incluso también se han evidenciado en el aumento de las corrientes de aire y la alteración de los patrones del tiempo (Feo *et al.*, 2011). En conclusión se define al cambio climático, como el fenómeno de origen antropogénico mientras que la variabilidad climática se debe a procesos naturales.

2.2.1.2 Causas del cambio climático

Polonia (citado por Diaz 2012) menciona que, el cambio climático se debe a la emisión de gases de efecto invernadero emitidos por la combustión de los combustibles de origen fósil de los coches, de las fábricas y de la producción de electricidad, el metano expulsado del sistema digestivo de los animales que pastan y el cambio de uso de suelo y la deforestación para la utilización del suelo en actividades agrícolas y ganaderas.

Entre las causas naturales que podrían ser responsables del cambio climático, están las variaciones de la intensidad solar provocadas por las manchas solares, cuya periodicidad es aproximadamente de 30 años, además de grandes erupciones volcánicas y variaciones en la órbita terrestre alrededor del sol. (Pérez, citado por Connolly & Corea, 2007)

2.2.1.2.1 *Cambio de uso de suelo*

Los cambios de uso del suelo han contribuido considerablemente al incremento de los GEI en la atmósfera, especialmente de CO₂, aumentando sus emisiones desde 1970 en un 80%, estos cambios causan la alteración de los suelos provocando un impacto sobre el ciclo del carbono. (Mendiara, 2010). Marquéz & Cely (2012) afirman que cada año se deforestan alrededor de 16 millones de hectáreas en el mundo, emitiendo 1.6 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera.

2.2.1.2.2 *Agricultura*

IPCC (citado por Bermejo 2010), menciona que la agricultura es la responsable del 14% de las emisiones de GEI, valor similar al generado por el sector de transporte, este 14% no incluye las denominadas emisiones indirectas de la agricultura, como la energía usada en la fabricación de fertilizantes ni en la producción y utilización de maquinaria agrícola, ni en el transporte de insumos y cosechas, que se incluyen en los apartados de industria, energía y transporte.

2.2.1.2.3 *Uso excesivo de fertilizantes*

El uso excesivo de fertilizantes contribuyen al efecto invernadero, esto se debe a que con el pasar los años se han ido industrializando las formas de producir los alimentos, lo cual consiste en utilizar fertilizantes para mejorar sus cosechas, los agricultores en su afán de obtener mejores productos toman esta alternativa dejando de lado la producción convencional (Mundaca, 2011).

2.2.1.2.4 *Incendios forestales*

Pardos (2000) menciona que la relación incendios y emisiones de CO₂ es tratada explícitamente en tres trabajos: Consunción de combustible del dosel y cuantificación de la emisión de CO₂ por unidad de superficie al estimar la carga consumida durante fuegos de copa activa, emisión de CO₂ en el análisis de condiciones de inicio y propagación de fuegos de copa activa; emisión de CO₂ en el análisis de condiciones de inicio y propagación de incendios de copas. Todas estas relaciones representan una importante emisión de CO₂ a la atmósfera.

2.2.2 *Efecto invernadero*

El efecto invernadero es un fenómeno mediante el cual los gases que se encuentran en la atmósfera retienen el calor que es emitido por la tierra. “La emisión de gases de efecto invernadero han determinado un incremento de la temperatura promedio de aproximadamente un grado centígrado en el último siglo” (Herrán, 2012, p. 8).

IPCC (2001) citado por Mojica (2013), menciona que a lo largo de la existencia del planeta, diversos fenómenos biológicos y físicos han determinado la composición de los gases de la atmósfera. La atmósfera emite radiaciones las mismas que son adsorbidas por los GEI, de esta manera estos gases atrapan el calor dentro de la superficie tropósfera como se muestra en la figura 1, a esto se llama efecto invernadero natural.

Cuando existe un aumento de concentración de estos gases se acentúa la opacidad infrarroja de la atmósfera causando un desequilibrio, que solo puede ser compensado con el aumento de la temperatura de la superficie tropósfera, esto se lo conoce como “efecto invernadero acentuado”. El aumento de la emisión de gases de efecto invernadero son los responsable del cambio climático (Díaz, 2012).



Figural. Efecto invernadero.

Fuente: Mojica (2013).

2.2.2.1 Gases de efecto invernadero

Los GEI son aquellos componentes gaseosos que se encuentran en la atmósfera los mismos que ocasionan el conocido efecto invernadero. Los gases de mayor relevancia son; Dióxido de Carbono (CO_2), Ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2), Metano (CH_4), Clorofluorocarbonos (CFC_x), Hexafloruro de Azufre (SF_6) (Veléz & Lagos, 2009), De todos los GEI el de mayor concentración es el dióxido de carbono (CO_2) que proviene del consumo de combustibles fósiles como carbón, petróleo, gas, así como la tala y quema de bosques (Feo *et al.*, 2011).

2.2.2.2 GEI de larga duración

Los GEI de larga duración son: El dióxido de nitrógeno (NO_2) que es producido por las combustiones permanentes de vehículos motorizados. Este gas se encuentra compuesto por dos moléculas de oxígeno y una de nitrógeno. El metano (CH_4) es un hidrocarburo simple, una de sus fuentes de emisión es la ganadería, esta molécula está formada por un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno (Díaz, 2012). El CO_2 es uno de los gases de larga duración más abundante de origen antropogénico, las emisiones de CO_2 mundiales se aumentaron en un 70% entre los años 1970 y 2004; particularmente, las emisiones mundiales de CO_2 aumentaron en un 80% anualmente. (García, 2003 citado por Mojica, 2013). El dióxido de carbono es un componente importante de nuestra atmósfera, se crea como consecuencia de la quema de combustibles de

origen fósil y biomasa; es considerado el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta el balance radiactivo de la tierra. El CO₂ es uno de los GEI que se toma como marco de referencia para medir otros GEI, por lo tanto su potencial de calentamiento de la tierra es uno. (Jaramillo citado por Mojica, 2013).

2.2.2.3 Estrategias para contrarrestar el cambio climático

Ante este fenómeno se han planteado en términos generales dos estrategias, mitigación y adaptación con el fin de enfrentar el cambio climático.

2.2.2.3.1 Mitigación

La mitigación hace referencia a la disminución de los gases de efecto invernadero. “Las medidas de mitigación buscan limitar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las acciones humanas, con compromisos o medidas mitigación medibles, notificarles y verificables para cada país” (Herrán, 2012, p.10). Masera (citado por Ordóñez & Masera 2001) Mencionan que: “Los bosques tienen la posibilidad de mitigar GEI por medio de la captura de carbono en diferentes ecosistemas vegetales conocidos como: sumideros”.

Medina , Mena , & Josse (1999) Mencionan que se puede detener el aumento de la concentración de los GEI mediante la disminución de las emisiones, con el efecto que ingresa menos CO₂ en la atmósfera, y por la captación de dióxido atmosférico, entre las medidas de mitigación se encuentran:

- Disminución del uso de combustibles fósiles.
- Disminución de las emisiones producidas por la deforestación.
- Compensación técnica.
- Compensación ecológica.
- Acciones políticas.
- La forestación para compensar las emisiones.

2.2.2.3.2 *Adaptación*

Barton (2009) define a la adaptación como: “Toda acción que signifique un ajuste de un sistema natural o humano como respuesta a efectos actuales o esperados de cambio climático o de sus impactos para moderar el daño o aprovechar oportunidades beneficiosas”. Como medidas de adaptación ante el cambio climático se debe: Tener una visión común con el objetivo de reducir de las emisiones, aumentar la labor de adaptación al cambio climático y fortalecer el desarrollo y sustento de las medidas de adaptación. (Herrán, 2012).

2.2.2.4 *Cambio climático en Ecuador*

La excesiva emisión al ambiente de GEI ha provocado el calentamiento global y como consecuencia de esto el clima mundial está cambiando drásticamente, esto es consecuencia directa de la actividad humana (PNUD, 2011). En el Ecuador se pierden 77.647 hectáreas de bosque nativo al año por deforestación y se emiten 6`180,065 toneladas de CO₂ al año (MAE, 2015). Frente a esto Ecuador ha planteado medidas de reducción de GEI

2.2.2.4.1 *Estrategias de cambio climático en el Ecuador*

El Ecuador elaboró la estrategia de cambio climático liderada por el ministerio del ambiente que busca coordinar esfuerzos para materializar procesos que permitan la adaptación y mitigación del cambio climático en el Ecuador y proyectos que eviten afectaciones ambientales y sociales; entre los proyectos de mayor realce se encuentra Coca Codo Sinclair que ayuda en la reducción del dióxido de carbono; proyectos de reforestación y conservación y la implementación de mecanismos de mitigación, adaptación y reducción de la vulnerabilidad. (ENCC, 2012).

2.2.2.4.2 *Proyectos REDD+*

La deforestación y degradación de los bosques son dos de las principales causas que producen el cambio climático, ante esta problemática Ecuador elaboró el proyecto REDD+ que se encuentra enmarcado en la estrategia nacional de cambio climático (ENCC), con el objetivo de enfrentar la deforestación del país, que permita no solo mitigar el cambio climático si no también la regeneración de múltiples servicios ambientales y sociales, gracias a este proyecto

Ecuador ha logrado reducir la tasa anual de deforestación 49% menos entre los años 2008 - 2014, reducir la emisión de GEI, la conservación de la biodiversidad y el respeto a las culturas que viven y dependen de los bosques. (MAE, 2016).

2.2.2.4.3 *Acciones implementadas*

El Ecuador ha propuesto medidas de reducción de GEI y contaba con 43 proyectos MDL hasta el 2011; entre estos sobresalen proyectos hidroeléctricos con una reducción de emisiones de 1'367,829 TCO₂/año, proyectos de uso y tratamiento de metano para energía con una reducción de emisiones de 77,188 T CO₂/año, así como proyectos eólicos con reducción de emisiones de 3,000 TCO₂/año (AN-MDL citado por Andrade & Yépez , 2014).

Ecuador ha implementado proyectos como; Socio Bosque y Socio Páramo estos proyectos tienen como objetivo conservar la áreas protegidas; se basan en la entrega de incentivos económicos a los campesinos y comunidades que se comprometen a cuidar y proteger estas áreas; estos incentivos han permitido conservar 1'058,828 hectáreas de bosques nativos y páramos de gran importancia para la protección, captura de carbono y regulación hídrica (MAE, 2013 citado por Andrade & Yépez , 2014).

2.2.3 *Páramos*

Cunallata & Inga (2012) señalan que el páramo es un ecosistema natural sobre el límite del bosque cerrado en los andes, dominado por pajonales, rosetales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes; de clima frío, frágil y con un potencial productivo muy bajo. Forman una región neotropical de altura, entre el límite superior y las nieves perpetuas, se encuentran distribuidos a lo largo de los andes húmedos entre Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela con extensiones hasta Costa Rica y Panamá. (Calles, Hofstede, López , Polanco, Torres, Ulloa, Vazqu ez & Cerra, 2014).

2.2.3.1 *Páramos del Ecuador*

Ecociencia (citado por Toasa, 2011) explica que en el Ecuador los páramos representan un 5% del territorio nacional es decir que constituyen 1.260.217.817 de hectáreas entre:

- Páramo de pajonal.

- Frailejones.
- Herbáceo de almohadillas.
- Arbustivo.
- Páramo seco.
- Páramo pantanoso.
- Súper páramo.

Este ecosistema está presente entre los 3300 y 3500 msnm, se encuentran distribuidos en 18 provincias del Ecuador como se indica en la figura 2. (Podwojewski & Poulénard, 2000). Los páramos forman parte de una notable biodiversidad a escala de ecosistemas que se presentan en el Ecuador gracias a tres factores principales: la situación ecuatorial, la presencia de la cordillera de los andes y otras sierras menores, la existencia de una fuente húmeda amazónica y de varias corrientes frías y cálidas frente a las costas. (Mena & Hofstede, 2006).

Beltràn, Salgada, Cuesta, Leòn , Romoleroux, Ortiz, Cardenas & Velàstegui, (2010) aseguran que millones de personas dependen directa o indirectamente del buen manejo de este ecosistema, que en los últimos años se ha visto amenazado por varias actividades antrópicas que no solo provienen de las propias comunidades parameras sino también de actores locales como ascendados, gobiernos seccionales, entidades gubernamentales y empresas privadas.

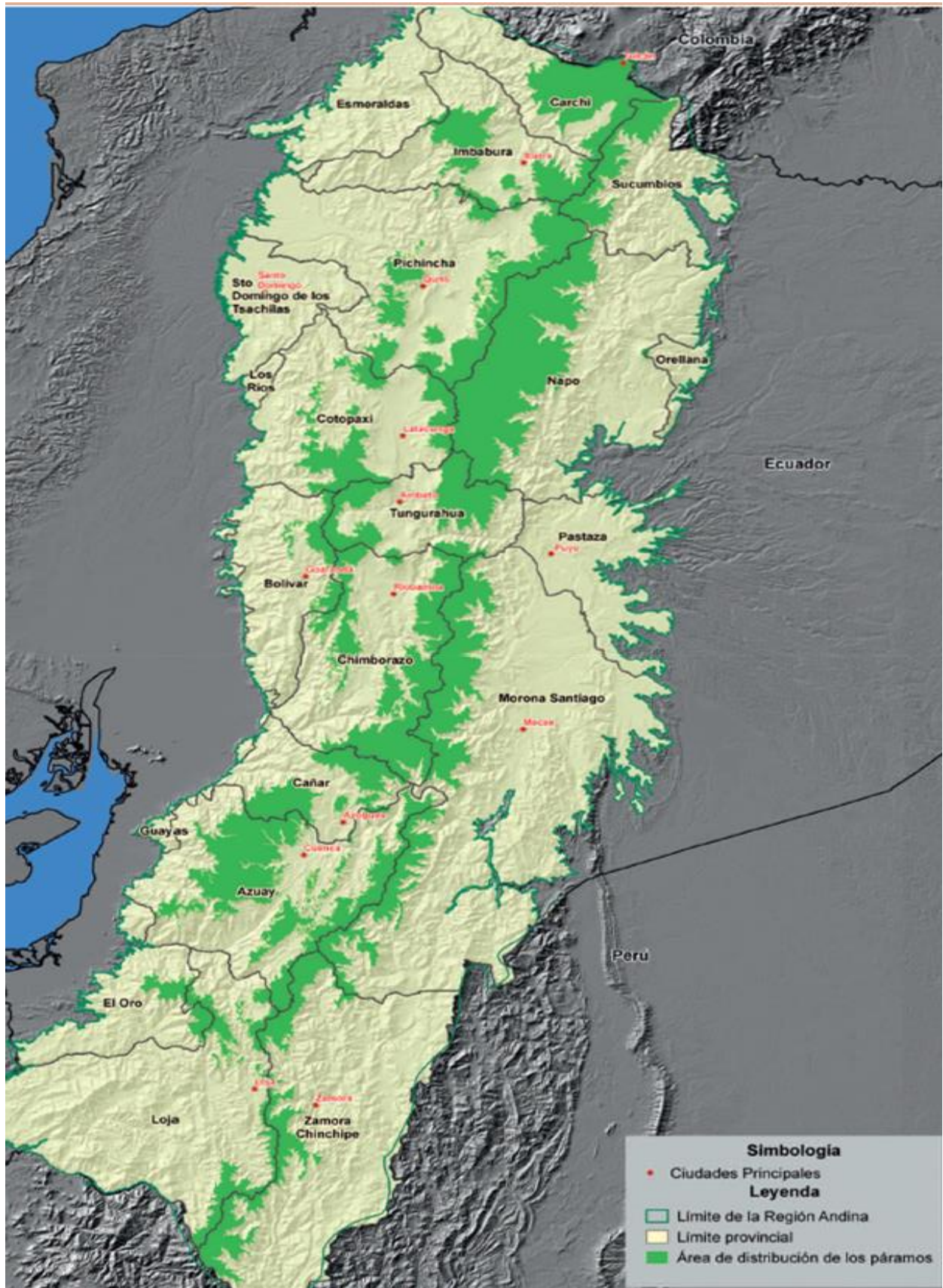


Figura 2. Distribución de los páramos.
Podwojewski, & Poulénard (2000)

2.2.3.2 *Diversidad florística de los páramo*

El páramo posee una variabilidad florística que está constituida por cerca de 125 familias, 500 géneros y 3400 especies de plantas vasculares; aunque en términos generales aún no se conoce el número exacto de especies de plantas existentes en el páramo (León & Yáñez, citado por Mena & Medina, 2010)

Llambi & Cuesta (2014) mencionan que, se ha establecido sistemas de vegetación de los páramos; algunas formaciones vegetales o tipos fisionómicos más comunes incluyen el bosque paramera o subpáramo, los rosetales, pajonales, arbustales o matorrales, en cada una de estas vegetaciones dominan diferentes formas de vida de plantas que incluyen

- a. Rosetas caulescentes.
- b. Rosetas basales.
- c. Penachos.
- d. Rosetas caulescentes.
- e. Cojines y tapetes.
- f. Arbustos erectos.
- g. Arbustos prostrados.
- h. Hierbas erectas.
- i. Hierbas prostradas.
- j. Hiervas rastreras y trepadoras.

2.2.3.3 *Plantaciones forestales en el páramo*

Ecuador es un país megadiverso, con una ubicación geográfica que favorece en el crecimiento rápido y adaptación de especies maderables, además de contar con la disponibilidad de tierra para la reforestación; por lo que es necesario aprovechar este recurso para mejorar la condición social económica y ambiental. (PEPFR, 2007) .

Vásconez, Mena & Ochoa (2008) mencionan que en el Ecuador las plantaciones forestales se enfocaban principalmente en metas económicas, por lo que se optó por implementar plantaciones de conservación en áreas vulnerables como el páramo, se introducían especies exóticas que evidenciaban crecimiento rápido y adaptación al clima frío de este ecosistema, las primeras especies exóticas en ser promovidas fueron el *Pinus radiata* y el

Eucalyptus globulus, Aunque también hubieron especies exóticas que desarrollaron ciertas adaptaciones morfológicas entre estas encontramos cincuenta especies del género *Gynoxys* y diez de *Polylepis*. (Luteyn, citado por Sevink & Hofstede, 2014).

2.2.3.4 Plantaciones de *Polylepis*

Rosero (2014) indica que el nombre *Polylepis* deriva de las palabras griegas, poli (muchas) y lepis (laminas), refiriéndose a la corteza compuesta por varias laminas, esta característica es común en todas estas especies de este género. Representan la vegetación natural de una gran parte de los Andes a altitudes entre 3500 y 4400msnm, las extremas condiciones ambientales de estas plantaciones han favorecido en la evolución de la especie (Kessler, 2006).

En el Ecuador se han implementado medidas de recuperación del páramo mediante la implementación de plantaciones para la recuperación, conservación y protección de recursos naturales con especies nativas, entre las que tenemos el *Polylepis racemosa* que es una de las plantas más utilizadas en el páramo sobre todo en proyectos de protección de vertientes hidrográficas. (Gualavisi, 2008).

2.2.3.5 Servicios ambientales del páramo

Este ecosistema genera varios servicios y beneficios para la sociedad, tanto del mismo páramo como a las poblaciones lejanas que de una u otra manera se benefician de estos, uno de los servicios que ha tenido su auge en los últimos años ha sido el ecoturismo lo que ha generado ingreso para las poblaciones aledañas (Cunalata & Inga, 2012).

Median (citado por Andrade & Yépez 2014), afirma que los páramos son fundamentales para regulación hidrológica a nivel regional y constituye la única fuente de agua para las poblaciones que habitan en las faldas de los andes, es uno de los ecosistemas más sofisticados en cuanto al almacenamiento de agua debido a su gran acumulación de materia orgánica. Son considerados ecosistemas estratégicos debido a su gran potencial de almacenamiento y regulación hidrológica por lo que cada vez son más valorados, sin embargo cabe mencionar que este ecosistema no es productor de agua sino más bien un almacenador de agua que lo libera continuamente (Hofstede citado por Andrade & Yépez, 2014). El páramo a

más de ser un regulador del recurso hídrico presenta varias cualidades, entre las que sobresalen, la acumulación de materia orgánica y el almacenamiento y captura de carbono. (Caranqui , Haro, Salas , & Palacios , 2012).

2.2.3.6 *Ciclo del carbono*

El dióxido de carbono es un gas importante en el efecto invernadero, la cantidad de este gas en la atmósfera es controlada por el ciclo del carbono. La incorporación del carbono a la biosfera se da por la fotosíntesis, durante el día las plantas usan la energía del sol para convertir el dióxido de carbono en carbohidratos en la biomasa vegetal; durante la noche hacen lo opuesto se llama respiración, usan el carbohidrato más el oxígeno para producir energía cuando no hay sol. A escala local, el ciclo del carbono puede describirse sencillamente como resultado de los procesos de fotosíntesis y respiración, con una inversión inicial de energía solar que globalmente representa el 1% de la radiación recibida por unidad de superficie. (Jason, 2003).

Este ciclo entero, actúa como un gigantesco bucle de retroalimentación que contribuye a la regulación de la temperatura de la tierra. A medida que el sol aumenta su temperatura, se incrementa la productividad de las plantas y de estimula la acción de las bacterias, con lo que el proceso de erosión de las rocas se incrementa, lo que a su vez significa una mayor absorción de dióxido de carbono de la atmósfera y el consecuente enfriamiento del planeta. (Flores, Mendizàlba, & Alba, 2012)

2.2.3.7 *Carbono en la naturaleza*

El carbono es un elemento muy común en nuestro planeta, tanto en la atmósfera y en la materia mineral, se encuentra en la naturaleza en su fase biológica y su fase geológica, porque es absorbido e integrado a la superficie terrestre a más de 100 mil metros, sometidos a enormes presiones y altas temperaturas o a las profundidades de los océanos, las reservas de carbono en la naturaleza depositadas durante millones de años se encuentran en forma de hidrocarburos o carbón. (Ordóñez & Masera, 2001).

Gran parte del carbono presente en la atmósfera ocurre en la forma de dióxido de carbono y en menor proporción, de metano, perfluorocarbonos e hidrofluorocarbonos,

considerados GEI que juegan un papel vital en el equilibrio térmico de la tierra. (Phillips, Yepes, Garcia, & Duque , 2010).

2.2.3.8 *El carbono en los páramos*

El carbono en el páramo está presente en la materia orgánica, vegetación y suelo; aunque está compuesto por una vegetación abundante, el verdadero sumidero es el suelo, debido a sus temperaturas bajas que no permiten la descomposición rápida de la materia orgánica y mantienen el carbono acumulado en el mismo (Mora, 1999). Buytaert (2006) menciona que en los suelos de este ecosistema sobre todo de los páramos húmedos, se pueden tener contenidos de carbono orgánico superior al 40%, mientras que, en páramos secos se han encontrado valores de ente 2% y 10% en sus suelos.

“En el Ecuador, se conoce que los páramos son importantes como sumideros de carbono, porque tienen una alta cantidad de carbono almacenado; mucho más que otros ecosistemas en similares condiciones climáticas y desarrollados en suelos volcánicos” (Tommeijck citado por Hofstede, Caiza, & Montaña, 2010).

2.2.3.9 *Suelos de los páramos*

Los suelos de los páramos ecuatorianos se encuentran sobre depósitos volcánicos, pero hacia el sur del nuestro país, existen páramos que se encuentran sobre depósitos no volcánicos a altitudes sobre los 3.000msnm, las condiciones en cada sitio son distintas pero comparten las características de la asociación de aluminio y materia orgánica. (Josse, 2000).

Los suelos son generalmente clasificados como Andosoles en la “World Reference Base for Soil Resources” (FAO/ISRIC/ISSS, 1998), o Andisoles en la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003). En áreas más saturadas por agua o en zonas con menor influencia volcánica, se desarrollan Histosoles. (Buytaert, 2004).

2.2.3.9.1 *El páramo como espacio de almacenamiento de carbono*

La fijación de carbono, es uno de los servicios ecosistémicos que cumple funciones importantes para el bienestar humano, se basa en la transformación del carbono atmosférico a

carbono orgánico almacenado en los suelos y componentes vegetales de las plantas tales como la raíz, tallos y hojas. (Yaranga , Marino , & Villanueva, 2013).

CODESAN (citado por Andrade & Yépez 2014) menciona que los suelos de los páramos tienen una alta capacidad de captura de carbono por unidad de superficie como una selva tropical, la diferencia radica en que la mayor parte de carbono en las selvas tropicales se encuentra en la biomasa, mientras que en el páramo esta almacenada en los suelos. Las masas boscosas de los páramos ayudan a fijar el dióxido de carbono atmosférico, el *Polylepis sp.* puede capturar hasta 2 Tc/ha/año, lo que podría significar que la cantidad de carbono almacenado puede ser mayor a la de la selva tropical. (Hofstede, 2002 citado por Mojica,2013).

García (citado por Marqués & Cely 2012) indica que las bajas temperaturas del ecosistema páramo provocan que la mineralización y el reciclaje de nutrientes sea bajo, lo que contribuye a la lenta pero continua absorción de CO₂ que es acumulado en sus suelos como parte de la materia orgánica. El proceso de descomposición es tan lento por lo que la materia orgánica se acumula en el suelo y puede alcanzar los 60kg C/m², ubicándose entre los suelos de mayor reservas de carbono en el mundo.

2.2.4 Investigaciones relacionadas

2.2.4.1 El páramo y su potencial de captura de carbono-Colombia

Marqués & Cely (2012) concluye que los páramos pueden almacenar tanto carbono por unidad de superficie como muchas selvas tropicales de tierras bajas. La diferencia radica en que los bosques tropicales la mayor parte de carbono se encuentra en la biomasa aérea, en los páramos esta almacenada en los suelos; desde el punto de vista del carbono en el páramo, la conservación de la vegetación estaría en un segundo plano ya que la mayor concentración de carbono se encuentra en el suelo.

Los suelos de los páramos pueden actuar como sumideros de carbono mientras se conserve la cobertura vegetal y como fuente de emisiones de CO₂ si se lo destina a actividades agrícolas. Los páramos deben ser conservados por sus diversos servicios ambientales que presta a la población y por su contribución a la mitigación del cambio climático y calentamiento global. (Marqués & Cely, 2012).

2.2.4.2 *Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y biomasa de los páramos-Riobamba*

Cunalata, Inga, Alvarez , Recalde, & Echevería (2011) mencionan que el contenido de carbono orgánico total almacenado en las almohadillas es 27%, en paja 25%, en los suelos con almohadillas su valor promedio de carbono es de 7,2% y en donde la cobertura vegetal es paja el valor es de 6,6%.

El porcentaje de carbono orgánico total (COT) en biomasa (paja, raíz, almohadillas y almohadillas raíz) se incrementa conforme aumenta su altitud, aunque también se evidencia que en sitios donde hubo actividades antrópicas el porcentaje de COT tiene una notable disminución. (Cunalata *et al.*, 2011).

2.2.4.3 *Cuantificación de carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri-Loja*

El carbono almacenado en el compartimiento biomasa y necromasa en el páramo arbustivo es de 159,05 t/C/ha, los contenidos de carbono fijado en el suelo a una profundidad de 0,60m, es de 537, 06 t/C/ha, para el páramo herbáceo y 471,59 t/C/ha, en los suelos de páramos arbustivos. Los páramos del Parque Nacional Yacuri, almacenan una gran cantidad de carbono ya que cuentan con una alta diversidad florística y formas de vida de las especies y principalmente por las bajas temperatura y por estar en una altura muy relevante lo que permite que la MO no se descomponga rápidamente y esto se incorpore en el suelo. La relación entre la biomasa y el contenido de carbono en los suelos, presentan una mínima relación por lo que no se logró obtener un modelo matemático que permita calcular el contenido de carbono en el suelo con respecto a su biomasa. (Ayala, Villa, Aguirre, & Aguirre, 2014).

2.2.4.4 *Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestal y forestal – Nicaragua*

El promedio de carbono en la biomasa aérea de la plantación de pino de seis años de edad y de un promedio de diámetro de 16 cm fue de 25,50 tC/ha. Como es de esperarse el contenido de carbono en la raíz tiene concordancia con el diámetro, altura y densidad de la plantación por lo tanto el mayor valor encontrado en la finca fue de 4.9t C/ha, el rango oscilo 2.52tC/ha, a 4.9TC/ha, con un promedio de 3.82 tC/ha. En el suelo, se observó un rango de almacenamiento de carbono de 147.26 a 223.04 tC/ha, con un promedio de 178.79 tC/ha. En

general la mayor fuente de almacenamiento de carbono fue el suelo seguido de la biomasa aérea, hojarasca y raíz (Connolly & Corea, 2007).

2.2.4.5 *Potencial de captura y almacenamiento de CO₂ en el valle de Perote – México*

El total de carbono almacenado en la biomasa aérea de *Pinus cembroides* fue de 2,126.90 kgC, con un promedio general de 4,44 un mínimo de 0.057 y máximo de 13.25 kgC, se determinó que en una hectárea se puede llegar a capturar un total de 7,222.07 toneladas de carbono. Se puede observar valores obtenidos en cada árbol fue amplia, la mayoría de los arboles presentaron valores de almacenamiento de carbono entre 0.05 a 10.8 kgC, con algunos árboles cuyo contenido de carbono en biomasa aérea fue mayor. (Flores, Mendizàlba, & Alba, 2012).

2.2.4.6 *Cuantificación de carbono total almacenado en suelos de pàramos en las comunidades de Shobol – Chimborazo*

Cunalata & Inga (2012) indican que el contenido de carbono orgánico total almacenado en el suelo del pàramo, en el primer estrato es de 7.4%; en el segundo estrato es 6.5%, en el tercer estrato 6.1% registrando un valor promedio de carbono orgánico almacenado en el suelo del 6.5%. Demostrando que donde no existe intervencion del hombre el promedio de carbono es de 7.9% en el primer estrato (0 – 30cm), mientras que en donde existe intervencion humana con fines agricolas tiene un promedio de 5.2% en el primer estrato, en los estratos de (30 – 60 y 60 – 90cm) no presentan variabilidad en los datos, registrando un valor promedio de 6.1% y 6.7% respectivamente en cada estrato.

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en dos espacios que fueron en el campo y laboratorio.

3.1.1 *Ubicación Política*

3.1.1.1 *Campo*

El estudio se realizó en el Páramo Jambimachi, Comunidad de Chumillos Alto de la parroquia Cangahua, ubicado a 13Km al sur oeste del cantón Cayambe, provincia de Pichincha.

3.1.1.2 *Laboratorio*

Se ejecutó en la Xiloteca de la Universidad Técnica del Norte, ubicada en la Granja Experimental Yuyucocha y en el laboratorio “Labonort” ubicados en la ciudad de Ibarra.

3.1.2 *Geográfica*

La comunidad de Chumillos Alto se encuentra a $00^{\circ} 02' 30''$ N y $76^{\circ} 12' 30''$ W, entre 3750 - 4000 msnm. (PDOT Cangahua, 2015)

3.1.3 *Límites*

Limita con las siguientes comunidades; al norte con Pambamarca, al sur Ñukanchik Urku al este con Jesús del Gran Poder y al oeste con la Parroquia de El Quinche como se muestra en la figura 3.

- Hoyadora.
- Palas.
- Machete.
- Útiles de escritorio.

3.3.2 Equipos

- Navegador GPS.
- Brújula.
- Cámara fotográfica.
- Balanza portátil.
- Computador.

3.4 METODOLOGÍA

Para determinar el contenido de carbono se empleó la metodología que utilizó la Evaluación Nacional Forestal; liderada por el Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE) en convenio con FAO, la misma que fue constituida con base a los lineamientos del Panel Intergubernamental Contra el Cambio Climático (IPCC). (FAO, 2012)

3.4.1 Área de investigación

El estudio se realizó en el Páramo Jambimachi, comparando el contenido de carbono de éste en su estado natural con una plantación de *Polylepis racemosa*.

La plantación fue establecida por el Fondo para la Protección del Agua (FONAG) en el marco del Programa de Recuperación de Vertientes y Microcuencas Hidrográficas en el año 2006.

3.4.2 Definición del universo

El universo fue de ocho hectáreas de las cuales cuatro corresponden a la plantación de *Polylepis Racemosa* y cuatro al páramo. Para obtener el tamaño de la muestra se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 NPq}{d^2(N - 1) + Z^2 Pq}$$

Fuente: Hernández (2009)

Donde:

n: Tamaño de la muestra

Z²: 1.96² (seguridad del 95%)

N: Universo

P: Proporción esperada (5% = 0.05%)

q: precisión

d: Error (10% = 0.10%)

3.4.3 Marco muestral

Una vez aplicada la formula, el área en la cual se trabajó, fue de tres hectáreas de plantación y tres hectáreas de páramo. En la plantación y el páramo se utilizó el muestreo sistemático estratificado, con tres conglomerados, nueve parcelas y dieciocho sub parcelas como se indica la figura 4.

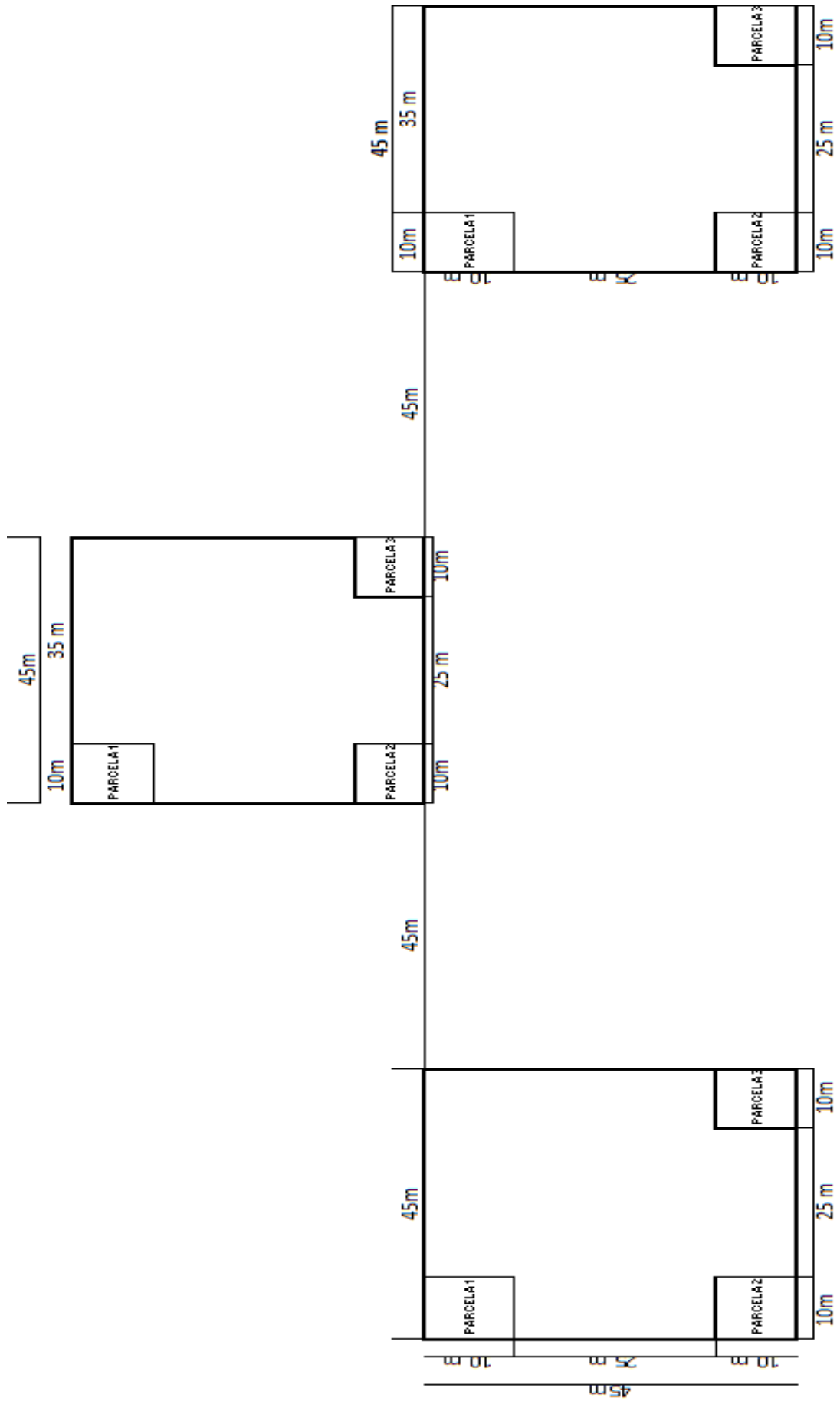


Figura 4: Forma y distribución de los Conglomerado en el área sujeta a la investigación.

3.4.3.1 Distribución y tamaño de los conglomerados, parcelas y sub parcelas

Se georreferenció los conglomerados, parcelas y sub parcelas; los conglomerados tienen un área de 45x45m y distanciamiento de 45m entre ellos.

El tamaño de las parcelas fue de 10 x 10m (100 m²) que corresponde al 15% de intensidad se las ubico al noroeste – suroeste – sureste del conglomerado como se observa en la figura 5.

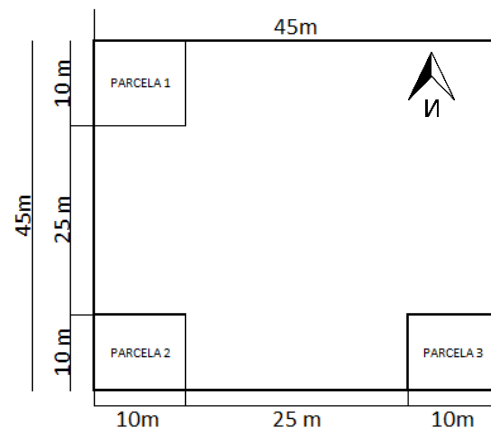


Figura 5: Forma y distribución de las parcelas dentro del Conglomerado

Dentro de las parcelas se definió una sub parcela de 1 x 1m en el páramo y de 4 x 4m en la plantación para obtener información de biomasa viva, ubicadas al SO; dentro de esta se estableció una sub parcela de 30 x 30cm en el páramo y de 40 x 40cm en la plantación a fin de obtener información de biomasa muerta, como se indica en la figura 6. Se realizó una calicata por conglomerado de 60cm profundidad, para obtener las muestras de suelo a los 20cm, 40cm y 60cm.

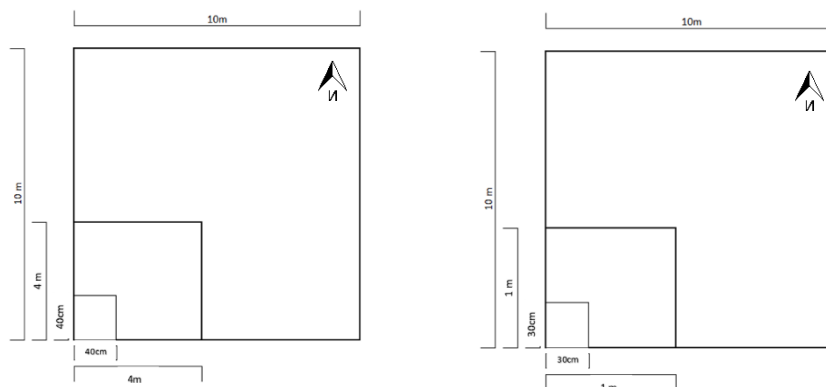


Figura 6: Forma y distribución de la parcela de 10 x 10m

3.4.4 Toma de muestras

3.4.4.1 Biomasa viva (Bv)

3.4.4.1.1 Páramo

Se contaron los macollos de paja y se recolectaron tres muestras en las parcelas anidadas de 1x1m (1 m²), se procedió a utilizar el método directo que consiste en la extracción física de las especies, se cortó y se separó la raíz de la planta, se las peso in-situ, el valor obtenido representa el peso verde de la muestra.

3.4.4.1.2 Plantación de Polylepis racemosa

Las muestras se tomaron en la parcela anidada de 4x4m (16 m²), se procedió a utilizar el método destructivo que consiste en la extracción física de las especies, se cortó y se tomó las variables de altura, diámetro y se pesó todo el material vivo, este valor representa el peso verde de la muestra.

3.4.4.2 Biomasa muerta, materia orgánica - Detritus (Bm)

3.4.4.2.1 Páramo

Se recolectó los restos de paja muerta así como del detritus que se encontraban dentro de la parcela anidada de 30x30 cm, todo el material recolectado se lo peso, esto constituye el peso verde de la muestra se lo colecto en bolsas plásticas.

3.4.4.2.2 Plantación de Polylepis racemosa

Se recolecto los restos de ramas, hojas y detritus que se encontraban dentro de la parcela anidada de 40x40 cm, todo el material recolectado fue pesado para obtener el peso verde de la muestra se lo colecto en bolsas plásticas

3.4.4.3 Raíces (r)

Las raíces fueron separadas de las muestras tomadas en el páramo y en la plantación se las separó de la tierra, para que de esta manera no se mezclen con el suelo y se las pesó lo que corresponde el peso verde.

3.4.4.4 Suelo (s)

Las muestras se las recolectaron con un muestreador cilíndrico de 500cm³ a los 20, 40 y 60cm de profundidad, esto se lo realizó en el páramo y en la plantación una vez extraídas las muestras se las codificó, se tomaron nueve muestras de páramo y nueve de la plantación y se las envió al laboratorio Labonort.

3.4.5 Procedimiento de cálculos

Una vez colectadas las muestras se las llevó a la xiloteca y la central maderera de la Universidad Técnica del Norte donde se las sometió a un proceso de secado en la estufa y secadora de tal manera que se obtenga el peso seco.

Con los valores del peso verde y el peso seco se procedió a calcular el contenido de humedad empleando la ecuación.

$$CH = \frac{PV - PS}{PS} \times 100$$

Fuente: Chambi (2001)

Donde:

CH: Contenido de humedad %

PV: Peso verde (kg)

PS: Peso seco (kg)

La biomasa total por individuo se obtuvo mediante la suma de sus distintos componentes (González, 2008).

$$Y = B + M_{o_{det}} + R$$

Fuente: Chambi (2001)

Donde:

Y: Biomasa por individuo (kg)

B: Bioma (kg)

$M_{o_{det}}$: Materia Orgánica y detritus

R: Raíces

Para determinar el contenido de carbono de la biomasa se multiplico el valor de la misma por el factor de conversión de 0.50, valor recomendado por el IPCC en el manual de buenas prácticas, donde menciona que el contenido de carbono corresponde al 50% de la biomasa

$$C = Y \times 0,50$$

Fuente: Chambi (2001)

Donde:

C: Contenido de carbono por individuo (kg)

Y: Biomasa por individuo (kg)

Obtenidos los datos; para el páramo se procedió a realizar una extrapolación de datos para obtener el contenido de carbono en toneladas por hectárea y para la plantación se vio necesario la creación de un modelo alométrico mediante regresión a través del programa SPSS e INFOSTAD, con la ecuación obtenida se hizo la comparación de los datos observados de campo versus los datos calculados para obtener la ecuación con mayor ajuste y sobre el 80% de coeficiente de determinación (R^2).

La función alométrica que permitió estimar la biomasa en función de diámetro, se desarrolló en base al análisis de nueve muestras tomadas y 75 árboles inventariados, esta ecuación facilitó la estimación de la biomasa total y por parcela, así como el cálculo del contenido de carbono en la plantación de *Polylepis racemosa*.

3.4.5.1 Suelo

Las muestras recolectadas fueron llevadas al laboratorio “Labonort” de la ciudad de Ibarra. El porcentaje de carbono en el suelo se determinó mediante la aplicación del método de Walkley and Black (oxidación del carbono con exceso de dicromato en medio sulfúrico). Una vez obtenido los resultados del laboratorio se aplicó la siguiente fórmula para obtener el contenido de carbono en toneladas por hectárea.

Pss = Da * Pm * 10 000 m2	Cs = % C/100 * Pss
Dónde: Pss: Peso seco del suelo. Da: Densidad aparente (gr/cm3). Pm: Profundidad de la muestra (m). 10 000 m2: Equivalente de 1 ha en m2	Dónde: Cs: Contenido de carbono por tonelada y por hectárea. % C: Porcentaje de carbono, valor obtenido a través de laboratorio Pss: Peso seco del suelo

Fuente: FAO (2012)

3.4.6 *Cálculo de carbono total en el páramo y en la plantación de Polylepis racemosa.*

Para obtener el carbono total en toneladas por hectárea de aplicó la siguiente formula.

$$Ct = Cbv + Cbm + Cr + Cs$$

Dónde:

Ct.- Carbono total

Cbv.- Carbono en biomasa viva

Cbm.- Carbono en biomasa muerta

Cr.- Carbono en raíces.

Cs.- Carbono en el suelo

3.4.7 *Comparación del carbono de la plantación y el páramo en su estado natural.*

Para realizar la comparación del carbono almacenado en el páramo en su estado natural y la plantación de *Polylepis racemosa* se empleó la prueba de T de Student.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Contenido de carbono en el páramo

El páramo almacena un total de 1408,40 TonC/Ha, del cual el 55% corresponde a carbono almacenado en el suelo, seguido de la biomasa con un 30%, raíces 9% y biomasa muerta 6%, como se indica en el tabla 1.

Tabla 1. Total de carbono almacenado en el páramo

Stocks	TonC/ha	Porcentajes
Biomasa viva	423,91	30%
Biomasa muerta	85,33	6%
Raíces	122,24	9%
Suelo	776,92	55%
TOTAL TonC/Ha	1408,40	100%

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

Analizando los tres stock (biomasa viva, biomasa muerta y raíces) a nivel de las parcelas, la PAR-C2-P3 es donde se obtuvo mayor porcentaje de carbono, siendo la biomasa viva quien más aporta, con un 71,56% como se observa en el gráfico 1, esto se debe a que en la mencionada parcela se encuentran macollos de paja con un promedio de 1m de altura y mayor número de plantas por m² (anexo 4.1). En PAR-C1-P3 es donde se almacena menos carbono ya que esta se encuentra ubicada a orillas de una paso comunal por lo que los macollos de paja no superan los 90cm de altura y el número de plantas por unidad de superficie es menor al número que existe en otras parcelas (anexo 4.2). En relación a biomasa muerta (detritus y materia orgánica) estos porcentajes van relacionados al total de biomasa almacenado en las parcelas (anexo 4.1)

Carbono en los tres stocks del páramo (TonC/ha)

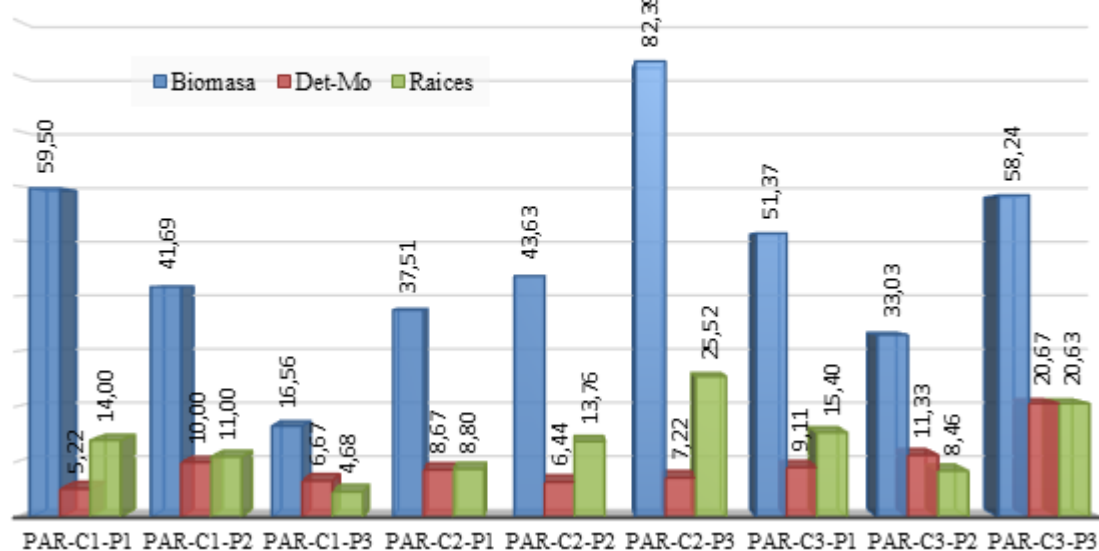


Gráfico 1. Carbono de tres stocks del páramo.

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

Con relación al contenido de carbono en el suelo del páramo, los resultados obtenidos en la investigación fueron los siguientes: 53% TonC/ha. a una profundidad de 20cm bajo la cobertura 29% a los 40cm de profundidad y 18% a los 60cm de profundidad como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Total de carbono almacenado en el suelo del páramo

Profundidad	TonC/ha	Porcentaje
20 cm	409,02	53%
40 cm	228,67	29%
60 cm	139,24	18%
TOTAL TonC/ha	776,92	100%

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

A medida que se profundiza el muestreo en el suelo del páramo, el contenido de carbono disminuye como se indica en el gráfico 2.

A nivel de parcelas sumadas las tres profundidades, PAR-CON2-PAR1 es donde se encuentra el mayor contenido de carbono almacenado con 1041,58 TonC/ha, y en PAR-CON3-PAR1 es donde existe la menor cantidad de carbono con 621,46 TonC/ha.

CARBONO DE SUELO EN EL PÁRAMO TonC/ha

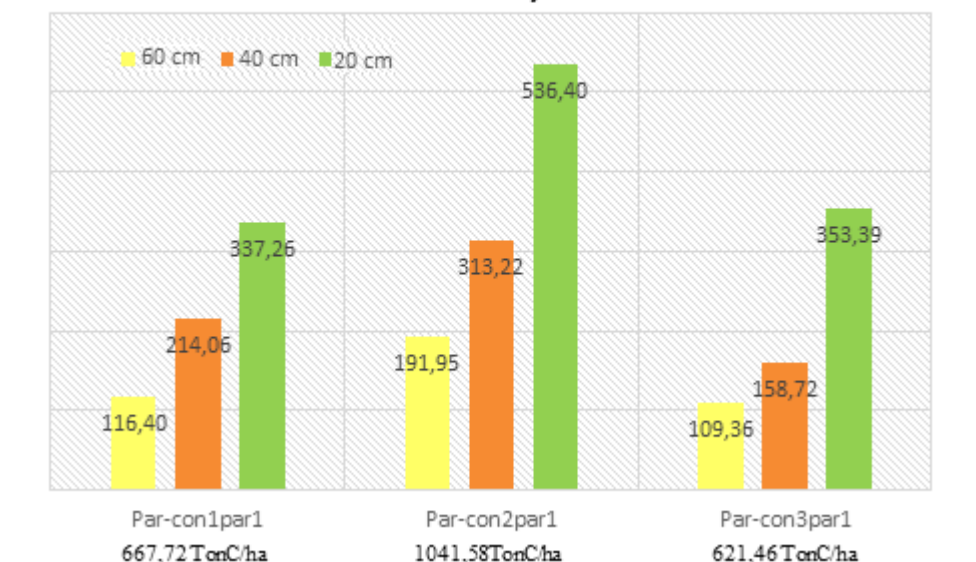


Gráfico 2. Carbono en el suelo del páramo de acuerdo a la profundidad de la muestra.

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

4.2 Contenido de carbono en la plantación de *Polylepis racemosa*.

Los valores de biomasa y contenidos de carbono son de alta confiabilidad, ya que el r^2 obtenidos de la ecuación alométrica es cercano a la unidad (anexo 4.7); la ecuación alométrica que mejor reflejo los datos reales de la especie *Polylepis racemosa*, se muestra a continuación en la figura 7.

$$Biomasa = 0,715 + 0,282db + 0,591lnh + 0,229db * h$$

Figura 7. Ecuación alométrica

Donde:

- Biomasa = Biomasa total del individuo
- Ln = Logaritmo natural
- h = Altura total del árbol
- db = Diámetro basal

El contenido de biomasa de cada una de las parcelas investigadas se calculó con la ecuación alométrica señalada en la figura 7.

El contenido de carbono que aporta la plantación de *Polylepis racemosa* al páramo es de 719.81 TonC/ha, del cual el 99.81% corresponde al carbono almacenado en el suelo y el 0.11% a la biomasa viva, biomasa muerta y raíces, como se indica en la tabla 3; los resultados obtenidos en la plantación se deben a que esta no es homogénea pese a ser una plantación de 10 años de edad, esta cuenta con individuos entre 0.50m y 1m de altura (anexo 4.4)

Tabla 3. Total de carbono almacenado en la plantación

Stocks	TonC/ha	Porcentajes
Suelo	719,02	99.89%
Biomasa viva	0.79	0.11%
Biomasa muerta		
Raíces		
TOTAL TonC/ha	719,81	100%

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

Analizando los tres stock (biomasa viva, biomasa muerta y raíces) a nivel de parcelas, la PLA-C3-P2 es donde mayor contenido de carbono se almacena, siendo la biomasa viva la que da un aporte considerable con un 97.78%, el alto porcentaje de carbono almacenado en esta parcela se debe a que los individuos tienen un promedio de 2.28m de altura (anexo 4.10). En PLA-C1-P2 es donde menor carbono se almacena esto se debe a la presencia de individuos que tienen un promedio de 0.98m de altura (anexo 4.10). En lo que se refiere a biomasa muerta los pesos son significativamente parecidos entre parcelas esto ocurre por la escasa hojarasca que existía debajo de los árboles como se muestra en el gráfico 3.

Carbono en los 3 stock de la plantación (TonC/ha)

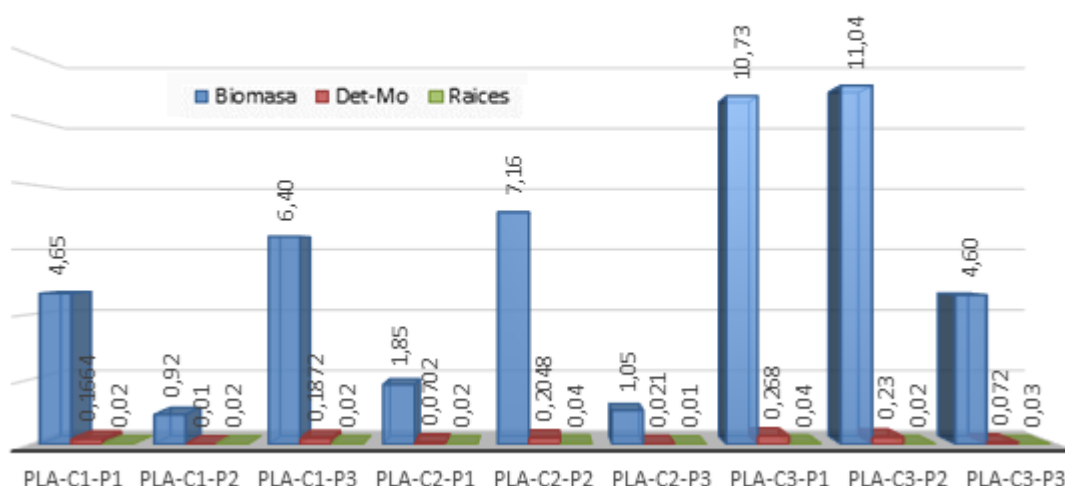


Gráfico 3. Carbono en los 3stock de la plantación.

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

El contenido de carbono almacenado en el suelo de la plantación muestra que a los 20cm de profundidad existe una mayor concentración de carbono con 52% TonC/ha, seguido de los 40cm con 30% y a los 60cm con 18% como se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Total de carbono almacenado en el suelo de la plantación

Profundidad	TonC/ha	Porcentaje
20 cm	375,02	52%
40 cm	214,26	30%
60 cm	129,75	18%
TOTAL TonC/ha	719,02	100%

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

El carbono almacenado en las distintas profundidades del suelo presenta diferencias significativas en las tres parcelas muestreadas, donde el mayor porcentaje de carbono se encuentra en los 20cm de profundidad y a medida que desciende la muestra el contenido de carbono disminuye, como se indica en el gráfico 4.

A nivel de parcelas, sumado las tres profundidades; PLA-CON3-PAR1 es donde mayor porcentaje de carbono se almacena con un total de 891,90 TonC/ha, y en PLA-CON2-PAR1 es donde existe la menor cantidad de carbono con 615,33 TonC/ha.

Carbono en suelo de la plantación (TonC/ha)

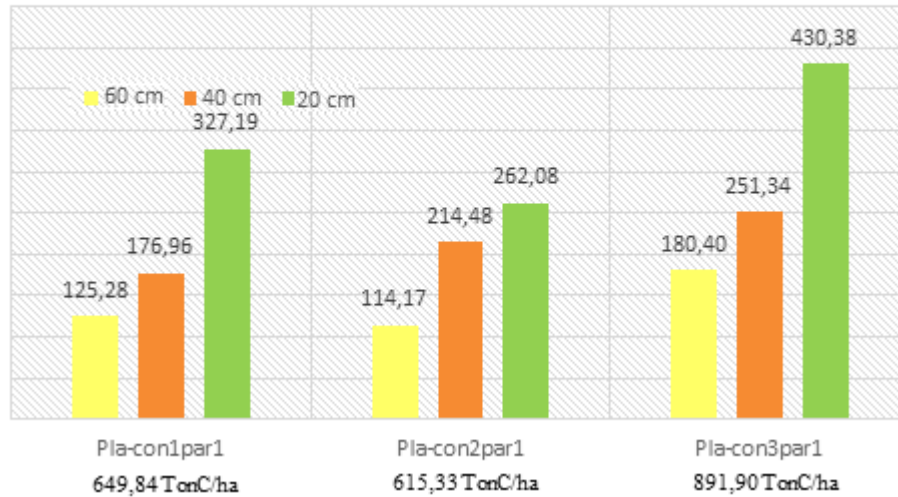


Gráfico 4. Carbono en el suelo de la plantación de acuerdo a la profundidad de la muestra.

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

4.3 Análisis comparativo del carbono orgánico almacenado en el páramo en su estado natural y en la plantación de *Polylepis racemosa*.

De acuerdo a los datos obtenidos en la investigación, en términos generales el contenido de carbono almacenado el páramo es mayor que el de la plantación de *Polylepis racemosa* como se muestra en la tabla 5, pero en ambos casos el suelo tiene un aporte significativo, esto se debe a que la descomposición biológica de la materia orgánica es lenta por las bajas temperaturas, pH ácido y elevada altitud sobre el nivel del mar, lo que favorece para que el carbono se almacene en el suelo.

Tabla 5. Análisis comparativo del páramo y la plantación.

Páramo			Plantación	
CODIGO	Total TonC/Ha/Par		CODIGO	Total TonC/Ha /Par
PAR-C1-P1	218,68		PLA-C1-P1	115,13
PAR-C1-P2	287,63		PLA-C1-P2	164,46
PAR-C1-P3	364,68		PLA-C1-P3	346,18
PAR-C2-P1	218,58		PLA-C2-P1	112,87
PAR-C2-P2	325,28		PLA-C2-P2	215,68
PAR-C2-P3	566,98		PLA-C2-P3	243,64
PAR-C3-P1	221,20		PLA-C3-P1	138,48
PAR-C3-P2	220,55		PLA-C3-P2	214,60
PAR-C3-P3	476,96		PLA-C3-P3	478,82
Media	322,28		225,54	
Suma	2900,55		2029,86	
suma cuad	1063664,19		573256,7626	
var c	15269,32705			
errtor st med c	29,12552054			
Tc	3,322	**	2,120	2,921
N	9		t \square 0,05	t \square 0,01

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

4.4 Discusión

Cunalata *et al.*,(2011) determina que el porcentaje de carbono orgánico total en biomasa se incrementó conforme aumenta su altitud sobre el nivel del mar, situación similar a la de esta investigación donde las parcelas que estaban a mayor altitud presentaron un incremento en la biomasa, aunque también se evidencia que en sitios donde existe actividades antrópicas (pasos comunales) el porcentaje de biomasa tiene una notable disminución.

El contenido de carbono de suelo del páramo a los 60cm de profundidad es de 139,24 TonC/ha, mientras que, a la misma profundidad en la plantación es de 129,75 TonC/ha, demostrando que a medida que se profundiza el muestreo el contenido de carbono disminuye, conclusión que es similar a los resultados obtenidos por Ayala *et al.*, (2014), en el Parque Nacional Yacuri (PNR), quien concluyen que a medida que la muestra se profundiza el contenido de carbono tiende a disminuir, los resultados obtenidos pueden estar influenciados por las condiciones climáticas, altitud, tipo de vegetación entre otras.

Gamarra (2001) señala que en las plantaciones de *Eucalyptus globulus* la biomasa arriba del suelo es el mayor contribuyente a sus reservas de carbono, debido principalmente al carbono almacenado en los árboles, concluyendo así que el suelo no es un importante almacenador de carbono ya que este contiene 37,39 TonC/ha. Mientras que Connolly & Corea (2007), afirmo que la mayor fuente de almacenamiento de carbono es el suelo con un promedio de 178.79 TonC/ha seguido de la biomasa aérea, hojarasca y raíz, situación similar a lo que pasa en los páramos, que debido a la descomposición lenta de la materia orgánica permite que el carbono se almacene en los suelos del páramo. Con los datos obtenidos en la presente investigación de 1408,40 TonC/ha, que se almacenan en el páramo, se evidencia que este ecosistema almacena más carbono que las plantaciones de *Eucalyptus globulus*.

Resultados encontrados por Flores, Mendizábal & Alba (2012) demuestran que en la biomasa aérea de la plantación de *Pinus cembroides* se almacena 7222,07 TonC/ha, mientras que los resultados obtenidos en esta investigación mostraron que en la plantación de *Polylepis racemosa* se almacena un promedio de 5.38TonC/ha, los resultados que influyen en el almacenamiento de carbono dependen de la especie arbórea, diámetros y la densidad de siembra.

El estudio realizado por Cunalata & Inga (2012) en los páramos del chimborazo señalan que en terminos de porcentajes de carbono en el primer estrato es de 7.4%; en el segundo estrato es 6.5%, en el tercer estrato 6.1%; mientras que los resultados obtenidos en la presente investigación se obtuvo, 8.36% en el primer estrato, 6.77% en el segundo estrato y 6.75% en el tercer estrato, los resultados estas investigaciones tienden a ser similares esto se debe a que los estudios se los realizò en ecosistemas con características de temperatura similar.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES

- El contenido de carbono en el páramo natural fue de 1408,40 TonC/ha valor que es superior al de la plantación de *Polylepis racemosa*; contribuyendo con un 48% más que la plantación.
- La plantación almacena 718,81 TonC/ha, siendo el suelo el que contribuye con mayor contenido de carbono, que tanto en la plantación como en el páramo corresponde a más del 50% del total almacenado.
- El mayor contenido de carbono almacenado en el suelo se encuentra a los 20cm de profundidad y tiene una notable disminución a media que la muestra desciende. El 50% del carbono almacenado en las áreas de estudio podría ser liberado a la atmósfera como CO₂, si estos se expusieran al cambio de uso de suelo.
- El carbono almacenado en la plantación de *Polylepis racemosa* no muestra un aporte significativo para el páramo, lo que indica que los procesos de forestación no son necesariamente positivos para el almacenamiento de carbono.

CAPÍTULO VI

6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con el presente estudio con el fin de evaluar el contenido de carbono que almacena este ecosistema a medida que la plantación de *Polylepis racemosa* adquiere mayor biomasa.
- Se recomienda compartir estos resultados con los dirigentes de la comunidad para buscar formas de financiamiento para el adecuado manejo y conservación de los páramos.
- La ecuación alométrica calculada para la estimación de biomasa en la plantación de *Polylepis racemosa*, se recomienda utilizarla para la mencionada especie de 10 años de edad, en las mismas condiciones de altitud y temperatura.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, A., & Yépez, H. (Abril de 2014). Tesis. *Almacenamiento de agua y cuantificación de carbono en el ecosistema páramo dentro de un esquema global*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Añazco, M. (2016). Cambio Climático. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDEMAZ*, 8.
- Barton, J. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de Geografía Norte Grande*, 5-30.
- Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., Leòn, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., . . . Velàstegui, A. (Diciembre de 2010). Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización folística de los páramos en el Ecuador. Quito, Ecuador: EcoCiencia.
- Bermejo, I. (2010). Agricultura y cambio climático. *El Ecologista* n° 67, 7.
- Calles, J., Hofstede, R., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., . . . Cerra, M. (2014). *Los páramos andinos*. Quito.
- Caranqui, J., Haro, W., Salas, F., & Palacios, C. (2012). *Diversidad y similitud de los páramos de la provincia Chimborazo en Ecuador*. Chimborazo.
- CIIFEN. (2016). <http://www.ciifen.org>. Obtenido de http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=573:variabilidad-climatica-y-extremos&catid=98&Itemid=131&lang=es
- Cobacango, M. (2016). El páramo de Jambimachi. Cayambe, Pichincha, Ecuador.
- Connolly, R. Y., & Corea, C. A. (Agosto de 2007). Tesis. *Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestal y forestal*. Managua, Nicaragua.
- Cunalata, C., & Inga, C. (2012). Cuantificación del carbono total almacenado en el suelo de los páramos en las comunidades de Shobol - Chimborazo, San Juan Chimborazo. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Cunalata, C., Inga, C., Alvarez, G., Recalde, C., & Echeverría, M. (2011). *Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y biomasa de los páramos de las comunidades: Chimborazo y Shobol Llin-Llin*. Riobamba.
- Desmond Tutu, c. e. (2011). *Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones*. Chile: Instituto de estudios urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile.

- Díaz, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia y Sociedad*, 227-240.
- ENCC. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático en el Ecuador*. Quito.
- Feo, O., Solano, E., Beingolea, I., Aparicio, M., Villagra, M., Prieto, M., . . . Selveti, R. (2011). Cambio Climático y Salud en la Región Andina. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* , 83-92.
- Flores, N. F., Mendizábal, L., & Alba, J. (2012). Potencial de captura y almacenamiento de CO₂ en el valle de Perote. *Redalyc* , 7.
- Gamarra, J. (2001). *Estimación del contenido de carbono en plantaciones de eucaliptus globulus labill, en Jujin, Perú*. El Tambo.
- Global Atmosphere Watch. (2013). Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2013. *Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero*, 10, 1-8.
- Granja, C. (2015). Comparación de los contenidos de carbono entre la amazonia y los páramos del Ecuador . *Monografía previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Biológicas* . Quito, Pichincha , Ecuador .
- Gualavisi, L. (septiembre de 2008). Tesis. *Comportamiento de Polylepis racemosa en vivero*. Cayambe, Pichincha, Ecuador.
- Herrán, C. (2012). El cambio Climático y sus consecuencias para América Latina. *Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario*, 6-10.
- Hofstede, R., Caiza, X., & Montaña, M. (2010). *Determinar la capacidad de carga y Estimación de Cantidad de Carbono Almacenado en los Diferentes Tipo de Páramo de los Predios Incluidos en Programa Socio Bosque* . Quito.
- Jason, G. (Diciembre de 2003). *Análisis del potencial de emisión de dióxido de carbono del páramo de Chiganza y lineamientos para su conservación en el contexto del mecanismo de desarrollo limpio* . Bogotá, Colombia .
- Kessler, M. (2006). Bosques de Polylepis . *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 11.
- Lagos, S. V. (2009). *Protocolo de Kioto*.
- Llambi, L. D., & Cuesta , F. (2014). La diversidad de los páramos andinos en el espacio y el tiempo . En CODESAN, *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos* (págs. 11-27). Quito.
- MAE. (2015). *Eje ambiental*. Quito.
- MAE. (2016). Obtenido de Plan de Acción REDD+, Bosques para el Buen Vivir 2016-2025: <http://suia.ambiente.gob.ec/redd>

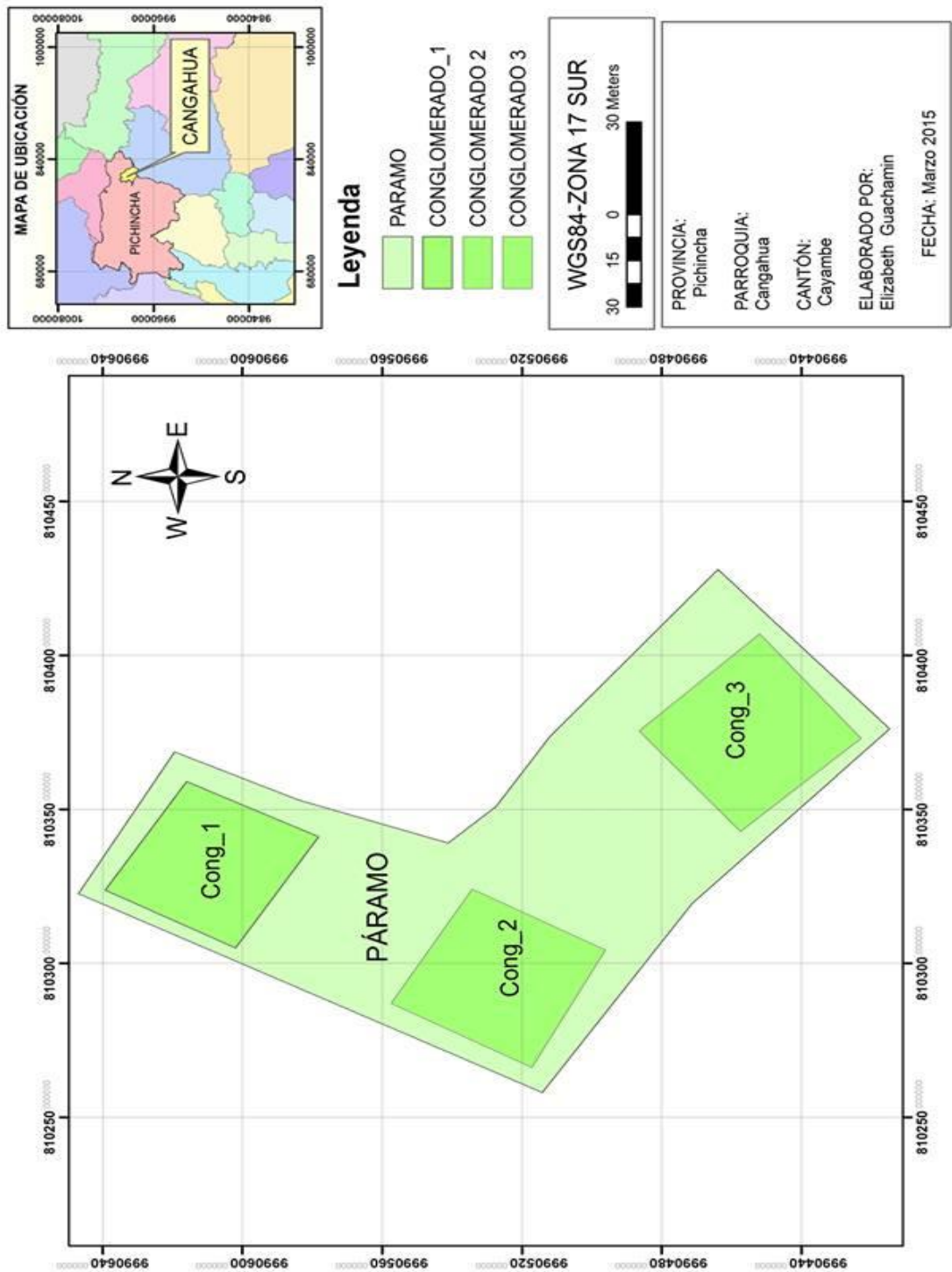
- Marquéz, L., & Cely, G. (Octubre de 2012). Informe . *El páramo y su potencial de captura de carbono; experiencia páramo la Cortadera-Boyaca*. Tunja , Colombia .
- Medina , G., Mena , P., & Josse, C. (1999). *El páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico*. Quito.
- Medina, G., Josse , C., Podwojewski, P., & Poulenard, J. (2000). *Los suelos del páramo*. Quito: Abya Yala, Casilla 17-12-719.
- Medina, G., Mena, P., Hofstede, R., Jara, F., Martinez, S., & Aguirre, N. (1999). *El páramo como espacio de mitigación de carbono atmosferico*. Quito: Abya Yala.
- Mena , P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. *Bótonica Económica de los Andes Centrales* , 91-109.
- Mena , P., & Medina , G. (2010). *La biodiversidad de los páramos*. Quito.
- Mendiara, S. (Septiembre de 2010). Tesis. *Efecto de los usos del suelo en la emiccion de dióxido de carbono del suelo a la atmósfera en un agroecosistema semiárido del Valle del Ebro*.
- Mojica, C. (2013). Tesis. *Caracterización, almacenamiento de carbono y emiciones emitidas en bosques nativos en áreas de influencia del páramo de Anaimé Tolima, Colombia*. Tolima, Colombia.
- Mora, L. (1999). Congreso Nacional de Suelos . En L. Mora, *Congreso Nacional de Suelos* (págs. 97-99).
- Mundaca, R. (Sabado de Diciembre de 2011). CEPRID. *Cambio climático y agricultura industrializada*.
- Ordóñez, B. J., & Masera, O. (2001). Camptura de cabono ante el cambio climatico. *Madera y Bosques*.
- Pardos, J. (2000). Informe. *Incendios en los montes, cambio climático y emisión/mitagación de CO2: un trinulo de influencias recíprocas*.
- PEPFR. (enero de 2007). *Planificacìon estrategica plantaciones forestales en el Ecuador* . Obtenido de <https://ecuadorforestal.org>
- Phillips, J., Yepes, A., Garcia, M., & Duque , A. (Octubre de 2010). Estimacion de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en biomasa aerea de los bosques naturales de Colombia . Bogota, Colombia .
- PNDU. (Abril de 2012). *Estudio sobre los efectos de la variabilidad climatica sobre la demencion de la disponibilidad de alimentos* . Bogota, Colombia.
- PNUD. (Septiembre de 2011). www.undpcc.org. Obtenido de Cambio climatico en ecuador : <http://undpcc.org/es/ecuador>
- PROTECA. (4 de enero de 2013). Obtenido de PROTECA: <http://www.jardinyplantas.com/>

- Rosero, J. (2014). *Evaluación de crecimiento de Polylepis racemosa*. Tungurahua.
- Sevink, J., & Hofstede, R. (2014). Los árboles como elemento importante del páramo. En *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos* (pág. 598). Quito .
- Toasa, A. (Septiembre de 2011). Manejo de páramo y uso vertical de pisos ecológicos. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Vásconez, M. ., & Ochoa, N. (2008). *Páramo Forestación*. Quito.
- Veléz, G., & Lagos, C. (2009). *Protocolo de Kyoto*. kyoto.
- Yaranga , C., Marino , R., & Villanueva, C. (2013). Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuario* , 8.

ANEXO 1

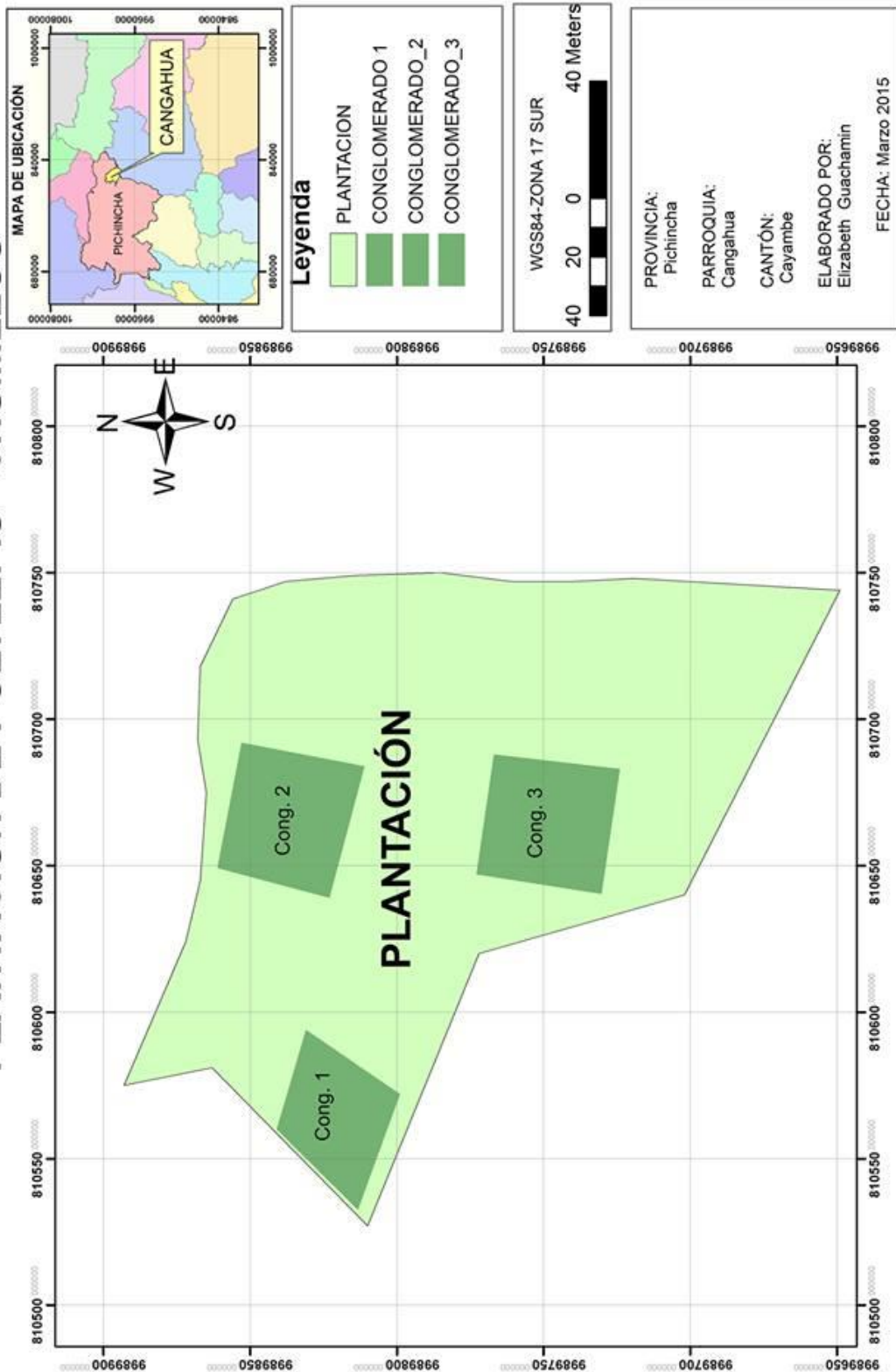
MAPAS

PÁRAMO - CHUMILLOS



Anexo 1.1 Mapa de la distribución de los conglomerados en el páramo.
Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.


PLANTACIÓN DE POLYLEPIS - CHUMILLOS



Anexo 1.2 *Mapa de la distribución de los conglomerados en la plantación.*
Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

ANEXO 2

RESULTADOS DE LABORATORIO


 **LABONORT**
LABORATORIOS NORTE
Av. Cristóbal de Troya 483 y Jaime Roldós Ibarra-Ecuador Telf. 0999591050


REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADO ANÁLISIS PORCENTAJE DE CARBONO
NOMBRE: GUACHAMIN ELIZABETH
MUESTRA: SUELOS
ANÁLISIS: % C
REPORTE: 6962-6970
FECHA: 30/06/2016

RESULTADOS

MUESTRA	CAMPO	CONTENIDO %C
6962	ParC1P1 20cm	7,76
6963	ParC1P1 40cm	6,95
6964	ParC1P1 60cm	7,30
6965	ParC2P1 20cm	10,32
6966	ParC2P1 40cm	8,42
6967	ParC2P1 60cm	6,94
6968	ParC3P1 20cm	7,01
6969	ParC3P1 40cm	4,96
6970	ParC3P1 60cm	6,01


Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT


LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANÁLISIS QUÍMICOS, SUELOS Y AGUAS

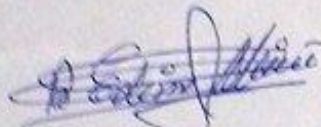
Anexo 2.1 Resultados del laboratorio – suelo del páramo.

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADO ANÁLISIS PORCENTAJE DE CARBONO
 NOMBRE: QUACHAMIN ELIZABETH
 MUESTRA: SUELOS
 ANÁLISIS: % C
 REPORTE: 8938-8946
 FECHA: 23/06/2018

RESULTADOS

MUESTRA	CAMPO	CONTENIDO
		%C
8938	Pla-con 1par1-20cm	7.83
8939	Pla-con 1par1-40cm	6.32
8940	Pla-con 1par1-60cm	7.47
8941	Pla-con 2par1-20cm	8.04
8942	Pla-con 2par1-40cm	7.66
8943	Pla-con 2par1-60cm	6.24
8944	Pla-con 3par1-20cm	9.02
8945	Pla-con 3par1-40cm	6.83
8946	Pla-con 3par1-60cm	7.97



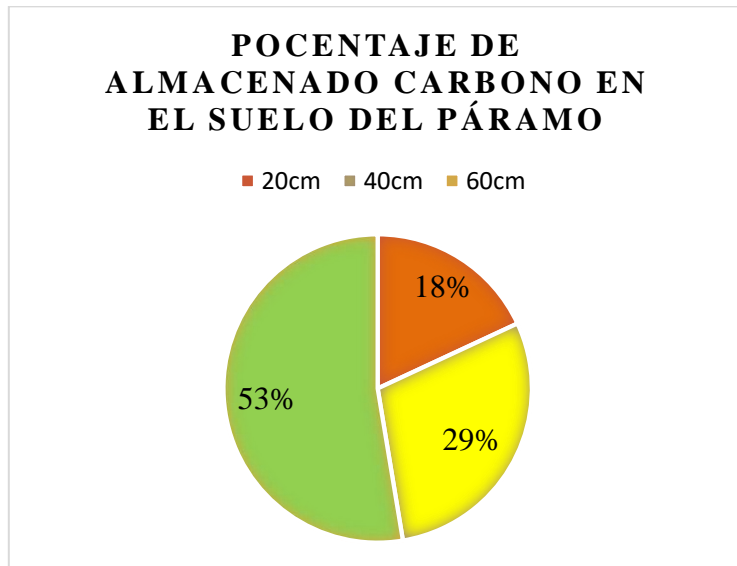
Dr. Quím. Edison M. Miño M.
 RESPONSABLE DE LABONORT



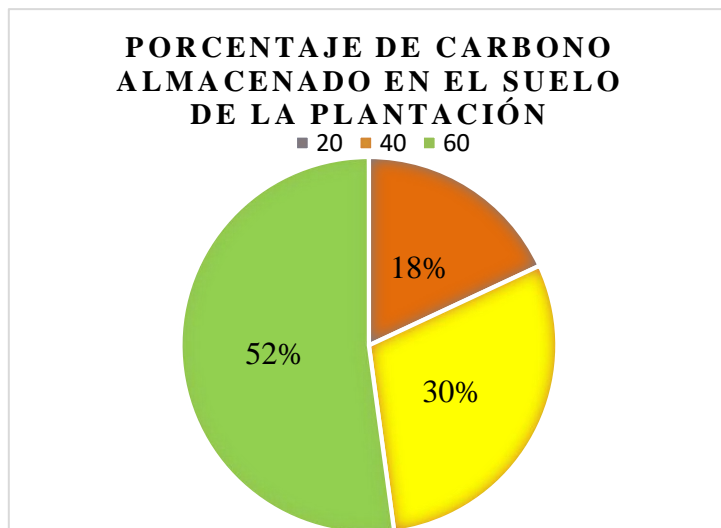
1Anexo 2.2 Resultados del laboratorio – suelo de la plantación.

ANEXO 3

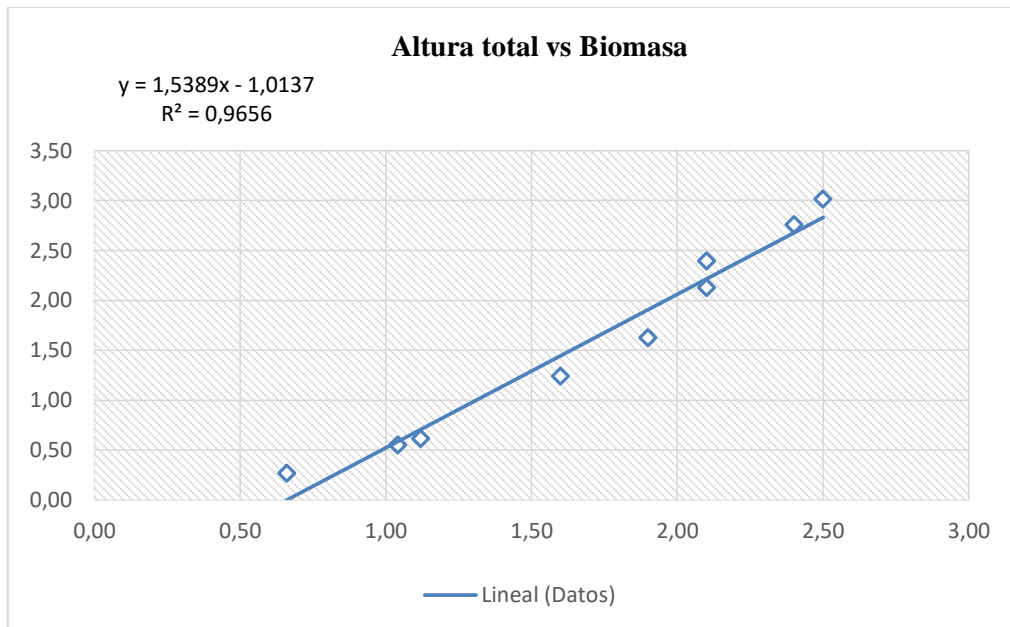
GRÁFICOS



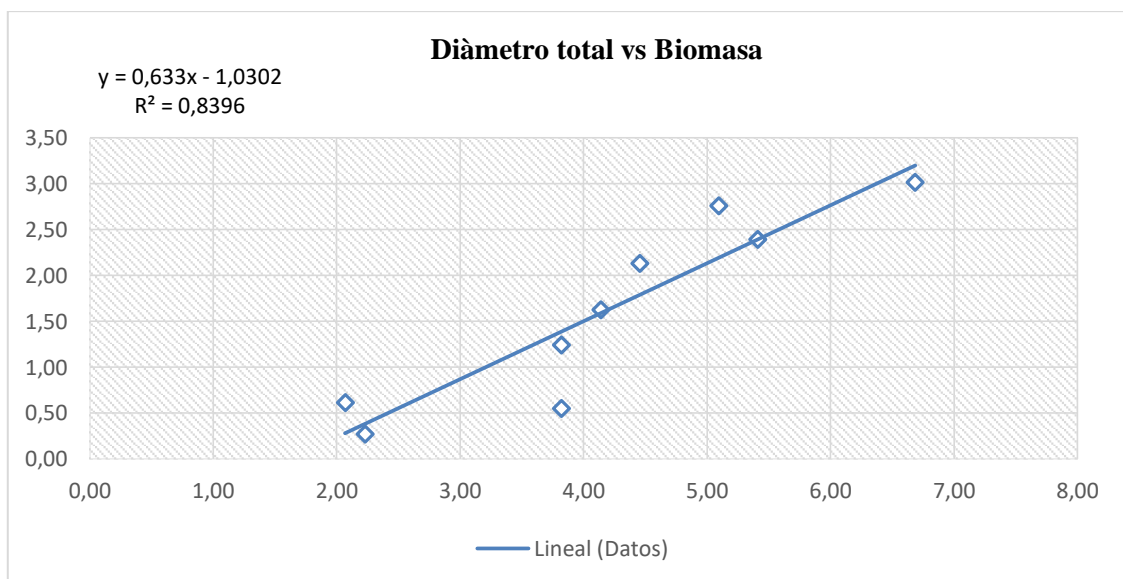
Anexo 3.1 Porcentajes de carbono en el suelo del páramo.



Anexo 3.2 Porcentajes de carbono en el suelo de la plantación.



Anexo 3.3 Regresión Altura total vs biomasa.



Anexo 3.4 Regresión diámetro total vs biomasa.

ANEXO 4

TABLAS

Anexo 4.1. Datos de las muestras tomadas en el páramo.

PÁRAMO						
CODIGO	N° Muestra	N° p x m	B. viva		RAICES	B.muerta
			Altura m	P. Verde kg	P.Verde kg	P.verde kg
PAR-C1-P1	N° 1	28	1,06	0,666	0,272	0,162
	N° 2		1,17	0,514	0,134	
	N° 3		1,06	0,744	0,278	
PAR-C1-P2	N° 1	33	1,11	0,600	0,250	0,36
	N° 2		0,92	0,370	0,108	
	N° 3		0,59	0,166	0,058	
PAR-C1-P3	N° 1	27	0,89	0,186	0,084	0,238
	N° 2		0,75	0,142	0,050	
	N° 3		0,73	0,176	0,064	
PAR-C2-P1	N° 1	29	0,93	0,400	0,118	0,298
	N° 2		0,77	0,204	0,094	
	N° 3		0,98	0,532	0,150	
PAR-C2-P2	N° 1	32	0,97	0,354	0,194	0,2
	N° 2		1,00	0,588	0,222	
	N° 3		1,15	0,288	0,104	
PAR-C2-P3	N° 1	33	0,90	0,488	0,132	0,256
	N° 2		1,20	1,360	0,834	
	N° 3		1,10	0,486	0,120	
PAR-C3-P1	N° 1	33	0,96	0,666	0,270	0,392
	N° 2		0,97	0,320	0,106	
	N° 3		1,02	0,766	0,294	
PAR-C3-P2	N° 1	27	1,06	0,560	0,202	0,376
	N° 2		0,88	0,156	0,054	
	N° 3		0,98	0,556	0,172	
PAR-C3-P3	N° 1	28	1,07	0,975	0,536	0,566
	N° 2		0,80	0,663	0,244	
	N° 3		1,18	0,564	0,214	

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

Anexo 4.2. Cálculos de carbono y extrapolación de datos de 3 Stock (biomasa, det-mo y raíces).

PÁRAMO										
CODIGO	N° Muestra	N° p x m	Bionmas viva	kg/m2	kg/ha	Ton/ha	Ton C/ha	Biomasa muerta	B. muerta TonC/ha	Total TonC/Ha/Par 3 stock
PAR-C1-P1	N° 1	28	0,741	20,757	207573,33	207,57	103,79	0,094	0,047	103,83
	N° 2									
	N° 3									
PAR-C1-P2	N° 1	33	0,445	14,696	146960,00	146,96	73,48	0,18	0,09	73,57
	N° 2									
	N° 3									
PAR-C1-P3	N° 1	27	0,203	5,472	54720,00	54,72	27,36	0,12	0,06	27,42
	N° 2									
	N° 3									
PAR-C2-P1	N° 1	29	0,439	12,741	127406,67	127,41	63,70	0,156	0,078	63,78
	N° 2									
	N° 3									
PAR-C2-P2	N° 1	32	0,496	15,872	158720,00	158,72	79,36	0,116	0,058	79,42
	N° 2									
	N° 3									
PAR-C2-P3	N° 1	33	0,933	30,778	307780,00	307,78	153,89	0,13	0,065	153,96
	N° 2									
	N° 3									
PAR-C3-P1	N° 1	33	0,677	22,352	223520,00	223,52	111,76	0,164	0,082	111,84
	N° 2									
	N° 3									
PAR-C3-P2	N° 1	27	0,487	13,140	131400,00	131,40	65,70	0,204	0,102	65,80
	N° 2									
	N° 3									
PAR-C3-P3	N° 1	28	0,881	24,677	246773,33	246,77	123,39	0,372	0,186	123,57
	N° 2									
	N° 3									

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

Anexo 4.3. Cálculos de carbono en el suelo.

Páramo					
Codigo	Prof. (m)	% C	Da.	Pss.	Cs.
Par-con1par1	0,60	7,76	0,75	1500	116,40
Par-con1par1	0,40	6,95	0,77	3080	214,06
Par-con1par1	0,20	7,3	0,77	4620	337,26
Par-con1par1	0,60	10,32	0,93	1860	191,95
Par-con2par1	0,40	8,42	0,93	3720	313,22
Par-con2par1	0,20	8,94	1,00	6000	536,40
Par-con3par1	0,60	7,01	0,78	1560	109,36
Par-con3par1	0,40	4,96	0,80	3200	158,72
Par-con3par1	0,20	6,01	0,98	5880	353,39
Total TonC/ha					776,92

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

Anexo 4.4 Datos del peso verde y peso seco de las muestras tomadas en la plantación.

Plantación de <i>Polylepis racemosa</i>											
CODIGO	BIOMASA					DETRITUS - M.O		Gruesas		Delgadas y pequeñas	
	Altura	Circunferencia	Diámetro	P. Verde kg	P. Seco kg	P. verde kg	P. Seco kg	P. Verde	P. Seco	P. Verde	P. Seco
								kg	kg	kg	kg
PLA-C1-P1	1,90	13,0	4,14	2,500	1,162	0,055	0,050	0,705	0,352	0,105	0,064
PLA-C1-P2	0,66	7,0	2,23	0,335	0,205	0,050	0,044	0,050	0,022		
PLA-C1-P3	2,10	14,0	4,46	3,500	1,600	0,065	0,062	1,000	0,404	0,120	0,064
PLA-C2-P1	1,12	6,5	2,07	0,628	0,410	0,080	0,050	0,195	0,116	0,070	0,040
PLA-C2-P2	2,10	17,0	5,41	3,936	1,790	0,140	0,092	0,885	0,474	0,065	0,038
PLA-C2-P3	1,04	12,0	3,82	1,200	0,420	0,095	0,046	0,145	0,084		
PLA-C3-P1	2,40	16,0	5,09	4,000	2,145	0,115	0,078	0,930	0,448	0,145	0,088
PLA-C3-P2	2,50	21,0	6,68	5,870	2,454	0,075	0,050	1,140	0,462	0,090	0,050
PLA-C3-P3	1,60	12,0	3,82	1,566	1,022	0,075	0,060	0,300	0,160		

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

Anexo 4.5 Resultado de estimadores estadísticos de la plantación.

ESTIMADORES ESTADÍSTICOS												
Suma	15,42	118,50	37,72	23,54	11,21	0,75	0,53	5,35	2,52	0,60	0,34	14,61
Media	1,71	13,17	4,19	2,62	1,25	0,08	0,06	0,59	0,28	0,10	0,06	1,62
Varianza	0,42	21,25	2,15	3,41	0,65	0,00	0,00	0,18	0,03	0,00	0,00	1,03
Desviación	0,65	4,61	1,47	1,85	0,81	0,03	0,02	0,42	0,18	0,03	0,02	1,01
Error estándar	0,22	1,54	0,49	0,62	0,27	0,01	0,01	0,14	0,06	0,01	0,01	0,34
Coef. Variación	37,78	35,01	35,01	70,65	64,81	34,86	27,39	70,77	65,05	30,82	32,70	62,46
Suma Cuadrados	29,77	1730,25	175,31	88,85	19,17	0,07	0,03	4,60	0,97	0,06	0,02	31,92

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

Anexo 4.6 Datos para la obtención de la formula alométrica.

Altura	Diámetro	Biomasa_total	ln_Altura	ln_Diámetro	lnBiomasa_total	Altura_cuadrado	Diámetro_cuadrado	Producto_AxD	In_Altura_cuadrado	In_Diametro_cuadrado	In_Producto_A*D
1,900	4,138	1,628	0,6418539	1,4202197	0,4873523	3,610	17,123	7,862	1,284	2,840	2,062
0,660	2,228	0,271	-0,415515	0,8011805	-1,305636	0,436	4,965	1,471	-0,831	1,602	0,386
2,100	4,456	2,130	0,7419373	1,4943277	0,756122	4,410	19,859	9,358	1,484	2,989	2,236
1,120	2,069	0,616	0,1133287	0,7270725	-0,484508	1,254	4,281	2,317	0,227	1,454	0,840
2,100	5,411	2,394	0,7419373	1,6884837	0,8729656	4,410	29,282	11,364	1,484	3,377	2,430
1,040	3,820	0,550	0,0392207	1,340177	-0,597837	1,082	14,590	3,973	0,078	2,680	1,379
2,400	5,093	2,759	0,8754687	1,627859	1,0148683	5,760	25,938	12,223	1,751	3,256	2,503
2,500	6,685	3,016	0,9162907	1,8997928	1,1039315	6,250	44,683	16,711	1,833	3,800	2,816
1,600	3,820	1,242	0,4700036	1,340177	0,216723	2,560	14,590	6,112	0,940	2,680	1,810

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

Anexo 4.7 Resultados de R².

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado	Error tıp. de
1	,992 ^a	,984	,974	,1625860

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

Anexo 4.8 Variables de la formula alométrica.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error tıp.	Beta		
1	(Constante)	,715	,324		2,204	,079
	Diámetro	-,282	,161	-,408	-1,750	,141
	ln_Altura	,591	,302	,264	1,961	,107
	Producto_AxD	,229	,057	1,134	4,012	,010

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

Anexo 4.9. Cálculo de carbono en el suelo de la plantación.

Plantación					
Codigo	Prof. (m)	% C	Da.	Pss.	Cs.
Pla-con1par1	0,60	7,83	0,73	1460	114,32
Pla-con1par1	0,40	6,32	0,70	2800	176,96
Pla-con1par1	0,20	7,47	0,80	4800	358,56
Pla-con2par1	0,60	8,04	0,70	1400	112,56
Pla-con2par1	0,40	7,66	0,70	2800	214,48
Pla-con2par1	0,20	6,24	0,77	4620	288,29
Pla-con3par1	0,60	9,02	0,90	1800	162,36
Pla-con3par1	0,40	6,83	0,92	3680	251,34
Pla-con3par1	0,20	7,97	1,00	6000	478,20
				Total TonC/ha	719,02

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

Anexo 4.10. Aplicación de fórmulas aleométricas en el inventario de la plantación.

		Diámetro		Constante	ln altura	
		-		0,7146498	0,59135332	
		0,281576136				
CODIGO	N°	Altura m	Circunferencia cm	Diámetro cm	Biomasa	Biomasa total
PLA C1-P1	1	0,85	0,04	0,0127	0,36	1,85
	2	1,51	0,12	0,0382	0,19	
	3	1,24	0,13	0,0414	0,27	
	4	0,50	0,07	0,0223	0,47	
	5	2,00	0,14	0,0446	0,06	
	6	2,15	0,19	0,0605	0,03	
	7	1,47	0,16	0,0509	0,21	
	8	1,33	0,15	0,0477	0,25	
PLA- C1-P2	1	1,29	0,07	0,0223	0,24	3,01
	2	0,92	0,11	0,0350	0,36	
	3	0,60	0,04	0,0127	0,43	
	4	0,72	0,06	0,0191	0,40	
	5	1,05	0,10	0,0318	0,32	
	6	1,32	0,06	0,0191	0,23	
	7	1,28	0,10	0,0318	0,25	
	8	1,04	0,13	0,0414	0,33	
	9	0,56	0,05	0,0159	0,45	
PLA C1-P3	1	2,00	0,14	0,0446	0,06	2,43
	2	0,92	0,11	0,0350	0,36	
	3	1,28	0,10	0,0318	0,25	
	4	0,56	0,05	0,0159	0,45	
	5	0,94	0,10	0,0318	0,35	
	6	1,50	0,21	0,0668	0,22	
	7	0,95	0,11	0,0350	0,35	
	8	0,71	0,05	0,0159	0,40	
PLA C2-P1	1	1,05	0,07	0,0223	0,31	2,79
	2	1,00	0,08	0,0255	0,33	
	3	0,95	0,11	0,0350	0,35	
	4	1,05	0,10	0,0318	0,32	
	5	0,86	0,07	0,0223	0,37	
	6	1,00	0,08	0,0255	0,33	
	7	1,76	0,17	0,0541	0,13	
	8	0,72	0,06	0,0191	0,40	
	9	1,28	0,11	0,0350	0,26	

Continuación.../...

Continuación.../...

PLA C2-P2	1	0,94	0,10	0,0318	0,35	1,97
	2	0,78	0,12	0,0382	0,40	
	3	0,81	0,10	0,0318	0,39	
	4	2,07	0,15	0,0477	0,04	
	5	1,00	0,14	0,0446	0,34	
	6	1,50	0,21	0,0668	0,22	
	7	1,53	0,13	0,0414	0,19	
	8	2,05	0,15	0,0477	0,05	
PLA C2-P3	1	0,95	0,11	0,0350	0,35	1,51
	2	1,34	0,15	0,0477	0,25	
	3	1,02	0,08	0,0255	0,32	
	4	1,05	0,10	0,0318	0,32	
	5	1,23	0,11	0,0350	0,27	
PLA-C3- P1	1	0,71	0,05	0,0159	0,40	1,63
	2	2,55	0,17	0,0541	-0,09	
	3	0,86	0,07	0,0223	0,37	
	4	1,05	0,07	0,0223	0,31	
	5	1,41	0,11	0,0350	0,22	
	6	1,76	0,18	0,0573	0,14	
	7	1,00	0,08	0,0255	0,33	
	8	2,30	0,15	0,0477	-0,02	
	9	2,50	0,14	0,0446	-0,08	
	10	2,00	0,13	0,0414	0,06	
PLA-C3- P2	1	3,20	0,20	0,0637	-0,26	-0,15
	2	2,86	0,16	0,0509	-0,18	
	3	2,55	0,15	0,0477	-0,09	
	4	2,10	0,17	0,0541	0,04	
	5	2,40	0,16	0,0509	-0,05	
	6	1,37	0,11	0,0350	0,23	
	7	1,76	0,17	0,0541	0,13	
	8	3,15	0,18	0,0573	-0,25	
	9	1,16	0,07	0,0223	0,28	
PLA-C3- P3	1	2,55	0,17	0,0541	-0,09	0,68
	2	1,41	0,11	0,0350	0,22	
	3	2,86	0,16	0,0509	-0,18	
	4	1,37	0,11	0,0350	0,23	
	5	1,16	0,07	0,0223	0,28	
	6	2,07	0,15	0,0477	0,04	
	7	1,50	0,21	0,0668	0,22	
	8	2,05	0,15	0,0477	0,05	
	9	2,55	0,17	0,0541	-0,09	

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana

Anexo 4.11 *Aplicación de la ecuación alométrica.*

Codigo	Biomasa Kg/m2	Biomasa Kg/ha	Biomasa Ton/ha	Carbon o Ton/ha
PLA-C1-P1	0,018	184,689	0,185	0,09
PLA-C1-P2	0,030	301,373	0,301	0,15
PLA-C1-P3	0,024	243,397	0,243	0,12
PLA-C2-P1	0,028	279,270	0,279	0,14
PLA-C2-P2	0,020	197,382	0,197	0,10
PLA-C2-P3	0,015	150,787	0,151	0,08
PLA-C3-P1	0,016	163,050	0,163	0,08
PLA-C3-P2	-0,002	-15,256	-0,015	-0,01
PLA-C3-P3	0,007	68,469	0,068	0,03
Total TonC/ha				0,787

Elaborado por: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana.

ANEXO 5
FOTOFRAFÍAS



Anexo 5.1 Área de estudio p. de Polylepis racemosa.



Anexo 5 2 Toma de puntos GPS.



Anexo 5.3 Balizada de los conglomerados



Anexo 5.4 Toma de muestras y pesaje in-situ.



Anexo 5.5 *Toma de variables dasométricas Altura y diámetro.*



Anexo 5.6 *Delimitación de las parcela Anidadas de 0.30 x 0.30m*



Anexo 5.7 *Recolección de detritus y Mo.*



Anexo 5.8 *Extracción de raíces.*



Anexo 5.9 Codificación de raíces.



Anexo 5.10 Extracción de muestras del suelo.



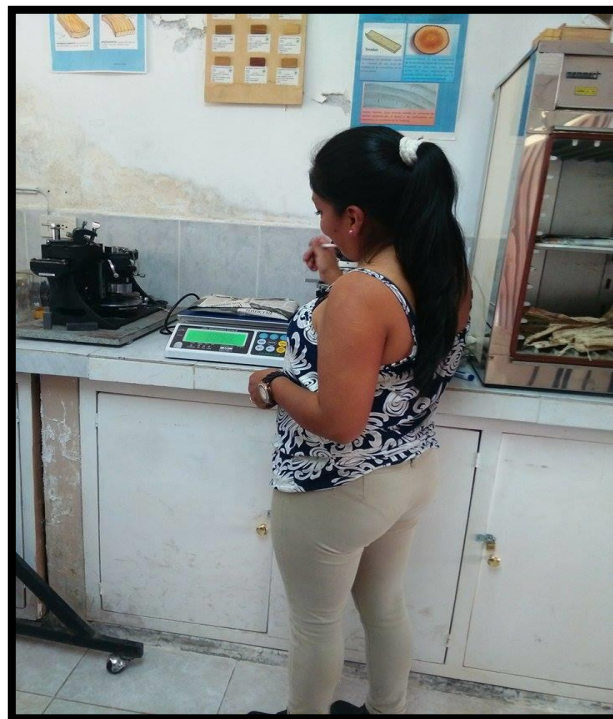
Anexo 5.11 *Codificación de muestras de suelo para enviar al laboratorio.*



Anexo 5.12 *Secado de muestras en la estufa.*



Anexo 5.13 *Pesaje de raíces (peso verde).*



Anexo 5.14 *Pesaje de muestras (peso seco).*



Anexo 5.15 *Secado de biomasa viva.*



Anexo 5.16. *Peso seco de biomasa viva.*