



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

CUANTIFICACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO ALMACENADO
EN TRES COMPARTIMIENTOS A LO LARGO DE UN
GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO
BLANCO, PARROQUIA QUIMIAG.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: STEVENS DAVID MIRANDA SILVA

DIRECTORA: Ing. NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL PhD.

Riobamba –Ecuador

2022

©2022, Stevens David Miranda Silva

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, STEVENS DAVID MIRANDA SILVA, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de abril de 2022.



Stevens David Miranda Silva

060400248-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

El Tribunal del trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **CUANTIFICACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO ALMACENADO EN TRES COMPARTIMIENTOS A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO, PARROQUIA QUIMIAG**, realizado por el señor: **STEVENS DAVID MIRANDA SILVA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2022-04-13

Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval PhD.
**DIRECTORA DEL TRABAJO
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2022-04-13

Dra. Magdy Mileni Echeverría Guadalupe PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



2022-04-13

DEDICATORIA

A mis maestros que gracias a sus conocimientos he podido escalar un peldaño más para poder cumplir y lograr este título académico.

A mis padres y hermanos que me han apoyado en cada momento porque ellos han sido mi motivación para continuar día tras día.

A mis amigos con quienes compartí todos estos años y me ayudaron cuando lo necesité sin esperar nada a cambio.

Stevens

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Facultad de Recursos Naturales por haber sido participes para mi formación como profesional.

A mis padres Nely Silva y Franklin Miranda por inculcarme los valores para ser una persona de bien y haberme apoyado durante toda mi vida, a mis hermanos Alexander y Anthony por brindarme su cariño y apoyo incondicional.

A mi tutora Ing. Norma Erazo y asesora Dra. Magdy Echeverría por haber aceptado como mis guías y permitir realizar este trabajo de integración curricular.

Al Ing. José Luis Herrera, Ing. Jorge Ilbay, Ing. Diego Damián por compartir sus experiencias y conocimientos para culminar con este trabajo de investigación.

Stevens

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1 El carbono orgánico.....	4
1.1.1. <i>Ciclo del Carbono</i>	4
1.1.2. <i>Dióxido de carbono (CO₂)</i>	5
1.1.3. <i>Carbono en la atmósfera</i>	5
1.1.4. <i>El carbono en ecosistemas forestales</i>	5
1.1.5. <i>Mercados de carbono</i>	6
1.2. Biomasa.....	6
1.2.1. <i>Biomasa aérea</i>	6
1.2.2. <i>Biomasa subterránea</i>	6
1.3. Métodos para cuantificar carbono.....	7
1.3.1. <i>El método directo (o destructivo)</i>	7
1.3.2. <i>Método indirecto</i>	7
1.3.3. <i>Factor de expansión</i>	7
1.3.4. <i>Determinación de stocks de carbono en el campo</i>	7
1.3.5. <i>Relación Biomasa - C - CO₂</i>	8
1.4. Páramo.....	8
1.4.1. <i>Los páramos en el Ecuador</i>	8
1.4.2. <i>Cobertura y uso del suelo en los páramos de la provincia de Chimborazo</i>	8

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	10
2.1. Materiales y métodos.....	10

2.1.1.	Caracterización del lugar	10
2.1.1.1.	<i>Localización</i>	10
2.1.1.2.	<i>Condiciones climáticas</i>	10
2.1.2.	Clasificación ecológica	10
2.1.2.1.	<i>Bosque siempreverde montano alto del norte de la cordillera oriental de los Andes</i> ..	10
2.1.2.2.	<i>Herbazal del Páramo</i>	11
2.1.2.3.	<i>Arbustal siempreverde subnival del Páramo</i>	11
2.1.3.	Materiales y equipos	12
2.1.3.1.	<i>Materiales de campo</i>	12
2.1.3.2.	<i>Materiales y equipos de laboratorio</i>	12
2.1.3.3.	<i>Materiales de oficina</i>	12
2.2.	Metodología	12
2.2.1.	Selección de puntos	12
2.2.2.	Biomasa arbórea (t/ha)	13
2.2.2.1.	<i>Delimitación e inventario del área de estudio para la biomasa arbórea</i>	13
2.2.3.	Cálculos para el inventario forestal	13
2.2.3.1.	<i>Diámetro a la altura del pecho (DAP)</i>	13
2.2.3.2.	<i>Área basal</i>	13
2.2.3.3.	<i>Cálculo del volumen</i>	14
2.2.3.4.	<i>Cálculo de biomasa</i>	14
2.2.3.5.	<i>Factores de expansión de biomasa</i>	14
2.2.3.6.	<i>Biomasa y carbono total en el ecosistema bosque siempreverde montano alto</i>	15
2.2.4.	Estimación de carbono de la necromasa del bosque siempreverde montano alto ...	15
2.2.5.	Estimación de carbono presente en el ecosistema herbazal de páramo y ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo	16
2.2.6.	Fase de laboratorio	16
2.2.6.1.	<i>Biomasa aérea y necromasa</i>	16
2.2.6.2.	<i>Biomasa Subterránea (raíces)</i>	16
2.2.7.	Para cumplir el segundo objetivo: Comparar el contenido de carbono orgánico entre los diferentes ecosistemas y compartimientos a lo largo de la gradiente altitudinal en la microcuenca del río blanco	17

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1.	Estadístico descriptivo	18
3.1.1.	Lugar de muestreo	18

3.1.2.	<i>Gradiente altitudinal en la microcuenca del río blanco.</i>	19
3.1.3.	<i>Cantidad de carbono orgánico en ecosistema bosque siempreverde montano alto</i>	19
3.1.3.1.	<i>Carbono orgánico en biomasa aérea en el ecosistema bosque siempreverde montano alto.</i>	19
3.1.3.2.	<i>Carbono orgánico en necromasa en el ecosistema bosque siempreverde montano alto.</i>	20
3.1.3.3.	<i>Carbono orgánico en biomasa subterránea en el ecosistema bosque siempreverde montano alto.</i>	21
3.1.4.	<i>Cantidad de carbono orgánico en el ecosistema herbazal de páramo.</i>	22
3.1.4.1.	<i>Carbono orgánico en biomasa aérea en el ecosistema herbazal de páramo.</i>	23
3.1.4.2.	<i>Carbono orgánico en necromasa en el ecosistema herbazal de páramo.</i>	23
3.1.4.3.	<i>Carbono orgánico en biomasa subterránea en el ecosistema herbazal de páramo.</i>	24
3.1.5.	<i>Cantidad de carbono orgánico en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo.</i>	24
3.1.5.1.	<i>Carbono orgánico en biomasa aérea en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo.</i>	25
3.1.5.2.	<i>Carbono orgánico en necromasa en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo.</i>	25
3.1.6.	<i>Comparación del carbono orgánico total (suma)(Mg/ha) entre los diferentes ecosistemas y compartimientos.</i>	26
3.2.	Análisis estadístico - ADEVA	27
3.2.1.	<i>Análisis estadístico – ADEVA para el ecosistema bosque siempreverde montano alto 3201-3400 m.s.n.m.</i>	27
3.2.1.1.	<i>Carbono orgánico en biomasa subterránea en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo</i>	29
3.2.2.	<i>Análisis estadístico - ADEVA para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m.</i>	30
3.2.3.	<i>Análisis estadístico - ADEVA para el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m.</i>	32
3.2.4.	<i>Análisis estadístico – ADEVA para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m.</i>	34
3.2.5.	<i>Análisis estadístico – ADEVA para los ecosistemas bosque siempreverde montano alto, herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo</i>	36
	CONCLUSIONES	39
	RECOMENDACIONES	40
	GLOSARIO	

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Uso y Cobertura de Suelo de los Páramos de la provincia de Chimborazo.	9
Tabla 1-2:	Datos para el contenido de carbono orgánico presente en el ecosistema bosque siempreverde montano alto.	15
Tabla 2-2:	ADEVA para el diseño completamente al azar (DCA).....	17
Tabla 1-3:	Distribución de los ecosistemas rangos altitudinales en la parroquia Quimiag....	19
Tabla 2-3:	Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque en biomasa aérea de diferentes localidades.	20
Tabla 3-3:	Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque en necromasa de diferentes localidades.	21
Tabla 4-3:	Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque en biomasa subterránea de diferentes localidades.....	22
Tabla 5-3:	Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo en biomasa aérea de diferentes localidades.	23
Tabla 6-3:	Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo en necromasa de diferentes localidades.	23
Tabla 7-3:	Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo en biomasa subterránea de diferentes localidades.	24
Tabla 8-3:	Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo en biomasa aérea de diferentes localidades. .	25
Tabla 9-3:	Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo en necromasa de diferentes localidades.	26
Tabla 10-3:	Análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque siempreverde montano alto 3201-3400 m.s.n.m.	27
Tabla 11-3:	Prueba de Tukey y una confianza de 95% para el ecosistema bosque siempreverde montano alto 3201-3400 m.s.n.m.	28
Tabla 12-3:	Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal subnival del páramo en biomasa subterránea de diferentes localidades.	29
Tabla 13-3:	Análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m.....	30
Tabla 14-3:	Prueba de Tukey y una confianza de 95% para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m.	30
Tabla 15-3:	Análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m.....	32
Tabla 16-3:	Prueba de Tukey y una confianza de 95% para el ecosistema herbazal de páramo	

3601-3800 m.s.n.m.	32
Tabla 17-3: Análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m.	34
Tabla 18-3: Prueba de Tukey y una confianza de 95% para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m.	34
Tabla 19-3: Análisis de varianza en los ecosistemas bosque siempreverde montano alto, herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo.....	36
Tabla 20-3: Prueba de Tukey y una confianza de 95% en los ecosistemas bosque siempreverde , herbazal de páramo y arbustal subnival del páramo.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	El ciclo del carbono.	5
Figura 1-2:	Estructura del conglomerado para la recolección de muestras.....	15
Figura 1-3:	Ubicación de la parroquia Quimiag.	18
Figura 2-3:	Puntos de muestreo en la parroquia Quimiag.	18

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Contenido de carbono orgánico (Mg/ ha) en el ecosistema bosque siempreverde montano alto, en tres compartimientos.	19
Gráfico 2-3:	Contenido de carbono orgánico (Mg/ ha) en el ecosistema herbazal de páramo, en tres compartimientos.	22
Gráfico 3-3:	Contenido de carbono orgánico (Mg/ha) en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo, en tres compartimientos.	24
Gráfico 4-3:	Contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para los tres diferentes ecosistemas y compartimientos.	26
Gráfico 5-3:	Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque siempreverde montano alto 3201-3400 m.s.n.m, en tres compartimientos.	28
Gráfico 6-3:	Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque siempreverde montano alto 3201-3400 m.s.n.m, en tres compartimientos.	29
Gráfico 7-3:	Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m, en tres compartimientos.	31
Gráfico 8-3:	Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m, en tres compartimientos.	31
Gráfico 9-3:	Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m.	33
Gráfico 10-3:	Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m, en tres compartimientos.	33
Gráfico 11-3:	Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m, en tres compartimientos.	35
Gráfico 12-3:	Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m, tres compartimientos.	35
Gráfico 13-3:	Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) en los ecosistemas bosque, herbazal y arbustal subnival del páramo.	37
Gráfico 14-3:	Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) en los ecosistemas bosque, herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo.	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: LABORES REALIZADAS EN LA FASE DE CAMPO.

ANEXO B: LABORES REALIZADAS EN LA FASE DE LABORATORIO.

ANEXO C: IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES RECOLECTADAS EN EL HERBARIO DE LA ESPOCH.

ANEXO D: CERTIFICADO DE ESPECIES IDENTIFICADAS EN EL HERBARIO

ANEXO E: CERTIFICADO DE DESARROLLO DE TESIS

ANEXO F: REPORTE DEL URKUND

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue cuantificar el contenido de carbono orgánico almacenado en la biomasa aérea, necromasa y raicillas a lo largo de un gradiente altitudinal en la microcuenca del Río Blanco, parroquia Quimiag, provincia de Chimborazo, Ecuador. Siguiendo la metodología planteada por el Ministerio del Ambiente de Ecuador se realizó un conglomerado, con tres parcelas de 20 x 20 m separadas 50 m, distribuidas en forma de L. Para determinar la biomasa arbórea para estimar el carbono orgánico almacenado se utilizó el método no destructivo. El procedimiento para la toma de muestras de biomasa aérea, necromasa y raicillas se establecieron parcelas anidadas en cada una de las subparcelas. Las parcelas tuvieron un área de 0,25 m², es decir de 50 x 50 cm. Las muestras recolectadas, se pesaron en verde y fueron trasladadas al laboratorio para su secado en una estufa a una temperatura de 105 °C hasta alcanzar el peso constante (peso seco). Se generaron tablas comparativas entre las cantidades de carbono orgánico almacenado y se realizó un Análisis de Varianza (ADEVA) que es una técnica central en el análisis de datos experimentales. El contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en los ecosistemas bosque siempreverde montano alto a la altitud de 3201-3400 (m.s.n.m.) con una media de 92,2 MgC/Ha, el ecosistema herbazal de páramo a las altitudes de 3401-3600 (m.s.n.m.) y 3601-3800 (m.s.n.m.) con una media de 8,90 y 9,59 MgC/Ha respectivamente, el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo en la altitud de 3801-4000 (m.s.n.m.) con una media de 7,29 MgC/Ha. Este estudio permitió comprender que los ecosistemas son buenos colectores de dióxido de carbono y almacenadores de carbono orgánico. Se recomienda informar de los hallazgos de esta investigación a las instituciones de control como el Ministerio del Ambiente.

Palabras clave: < BIOMASA AÉREA >, < NECROMASA >, < RAICILLAS >, < BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO ALTO >, < HERBAZAL DE PÁRAMO >, < ARBUSTAL SIEMPREVERDE SUBNIVAL DEL PÁRAMO >, < GRADIENTE ALTITUDINAL >.

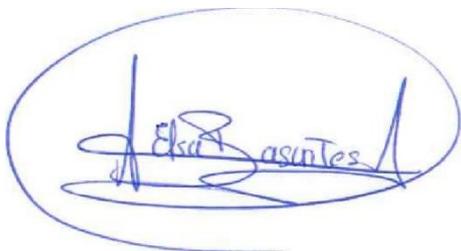


0929-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this study was to quantify the content of organic carbon stored in aboveground biomass, necromass and rootlets along an altitudinal gradient in Rio Blanco micro-watershed, Quimiag parish, Chimborazo province, Ecuador. Applying the proposed methodology by the Environment of Ecuador Ministry, a conglomerate was carried out, with three plots of 20 x 20 m separated by 50 m, distributed in an L-shape. The non-destructive method was used to determine the tree biomass to estimate the organic carbon stored. The procedure for sampling aerial biomass, necromass and rootlets was established in nested plots in each of the subplots. The plots had an area of 0.25 m², i.e. 50 x 50 cm. The collected samples were weighed when green and transferred to the laboratory for drying in an oven at a temperature of 105 °C until a constant weight (dry weight) was reached. Comparative tables were generated between the amounts of organic carbon stored and an Analysis of Variance (ADEVA) was performed, which is a central technique in the analysis of experimental data. The organic carbon content (Mg/Ha) in the high montane evergreen forest ecosystems at the altitude of 3201-3400 (m.a.s.l.) with an average of 92.2 MgC/Ha, the páramo grassland ecosystem at altitudes of 3401-3600 (m. s.n.m.) and 3601-3800 (m.a.s.l.) with an average of 8.90 and 9.59 MgC/Ha respectively, the subnival evergreen shrubland ecosystem of the páramo at the altitude of 3801-4000 (m.a.s.l.) with an average of 7.29 MgC/Ha. This study allowed understanding that the ecosystems are good carbon dioxide collectors and organic carbon storers. It is recommended to report the findings of this research to the control institutions such as the Ministry of Environment.

Key words: < AERIAL BIOMASS >, < NECROMASS >, < RAICILLAS >, < HIGH EVERGREENFOREST MOUNTAIN >, < PARAMOUNT HERBAGE >, < EVERGREENFOREST SUBNIVAL PARAMO >, < ALTITUDINAL GRADIENT >.

A handwritten signature in blue ink, circled in blue. The signature appears to be "Elsa Santes".

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas ambientales que afecta a la Tierra está relacionado con el cambio climático, este cambio de temperatura se debe principalmente a los gases de efecto invernadero, siendo el dióxido de carbono el principal gas producido por las actividades humanas. La existencia de dióxido de carbono en la atmósfera provoca este fenómeno, que cambia el ciclo de vida del ecosistema, por lo que se deben tomar medidas de mitigación para reducir y capturar este gas. En general, las plantas absorben el CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis y este participa en procesos fenológicos para la formación de componentes del árbol, en el cual el carbono se deposita principalmente, en los troncos y ramas de los árboles, estos componentes aportan materia orgánica al suelo y al degradarse dan origen al humus, el cual contiene CO₂, por esta razón los bosques son considerados importantes reguladores en el nivel de carbono atmosférico (González, 2008, p.8). Los bosques están estrechamente relacionados con el equilibrio del ciclo del carbono, el cual es considerado como un conjunto de depósitos interconectados los cuales son fuentes que pueden liberar o almacenar el CO₂ y otros gases (Álvarez, 2008, p.5).

Los bosques constituyen los principales productores de materia orgánica, durante los procesos de fotosíntesis, absorben el dióxido de carbono (CO₂) existente en la atmósfera, lo combinan con minerales, clorofila y agua, y utilizando la energía solar por medio de procesos químicos se transforman en azúcares y carbohidratos y como consecuencia de este proceso se produce una liberación de oxígeno (O₂) (Muñoz, 2017, p.56).

Bosque siempreverde montano alto, se extienden dentro de una franja más amplia que en las estribaciones orientales, desde los 2.900 hasta los 3.600 m.s.n.m. Incluye la "Ceja Andina" o vegetación de transición entre los bosques montano altos y el páramo (por ejemplo, alrededor de la laguna de Papallacta). El bosque húmedo montano es similar al bosque nublado en cuanto a su fisonomía y a la cantidad de musgos y plantas epífitas (Sierra, 1999, p.94). Páramo Andino se refiere a ecosistemas de alta montaña que van desde los 3000 hasta los 4800 m.s.n.m, brinda servicios ambientales (fuente de agua), servicios climáticos (aumento de la temperatura y nubosidad) y la captura del carbono en los suelos y biomasa. El suelo es uno de los elementos principales que sustenta la vida en la Tierra, por lo tanto, se dice que la vida está directamente relacionada con el suelo, este ha sido estudiado por varios años de tal manera que en la actualidad se ha observado cambios que amenazan el lugar. El suelo es un reservorio de carbono orgánico de igual forma mayor fuente de CO₂ atmosférico este se produce mediante un proceso llamado respiración de suelo y la biomasa es un elemento que se conoce poco de tal manera que se le conoce a la vegetación que está por encima o por debajo de la superficie del suelo, existen pocos estudios que

le relacionen a la biomasa directamente con el páramo andino (Burbano, 2018, p.86).

Una de las estrategias para la mitigación del Cambio Climático que se ha promovido es el almacenamiento y captura de carbono puesto que todos los ecosistemas (bosques, praderas, mantos acuíferos, sistemas marinos, suelos y humus) capturan el CO₂ de la atmósfera y lo almacenan de forma natural en su materia orgánica, viva o muerta, por lo que resultan importantes depósitos naturales de carbono, además mediante procesos naturales como la respiración de la vegetación son capaces de capturar CO₂ de la atmósfera, el cual es procesado e integrado en su materia orgánica como carbono contribuyendo así en la mitigación del Cambio Climático.

La estimación de las reservas de carbono en un ecosistema puede realizarse mediante el cálculo de la biomasa arbórea, el contenido de carbono en el suelo, en el mantillo, en la capa de fermentación y en hierbas y arbustos. La primera es un elemento importante en el manejo sustentable de los ecosistemas (Figuerola et al., 2010: p.105)

La microcuenca del Río Blanco se encuentra localizada en la Cordillera Oriental, región Sierra centro, en el cantón Riobamba, Parroquia Quimiag y el Cantón Penipe Parroquia La Candelaria pertenecientes a la Provincia de Chimborazo, limita al Norte con el cantón Penipe, al Sur con el Cantón Chambo, al Este con el Parque Nacional Sangay (Nevado El Altar), al Oeste con la Asociación Chiniloma (cantón Riobamba) (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, 2013, p.14).

PROBLEMA

La falta de información del contenido de carbono orgánico en la biomasa aérea, necromasa y raicillas en un gradiente altitudinal dentro de la microcuenca del río blanco.

JUSTIFICACIÓN

Un primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, es el denominado Protocolo de Kioto, el mismo que fue estructurado en función de los principios de la Convención del Cambio Climático, en este protocolo se establecen metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay actualmente en la atmósfera. El Protocolo ha movido a los gobiernos a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos, a las empresas a tener el medio ambiente en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre sus inversiones, y además ha propiciado la creación del mercado del carbono (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2014).

A pesar de la importancia de los bosques andinos, en Ecuador existen vacíos de información sobre estos bosques, por un lado, al ser ambientes extremadamente complejos y diversos, ha dificultado el estudio de las plantas allí presentes, muchas de las cuales podrían estar en un estado incipiente de conocimiento taxonómico.

Actividades como el cambio de uso de la tierra, el desarrollo fronterizo agrícola, actividades ganaderas, entonces si los páramos no capturan dióxido de carbono, el cambio climático se acelerará hasta tal punto que puede destruir la civilización actual. En este estudio, el objetivo es estimar la cantidad de carbono orgánico en la biomasa aérea, necromasa y raicillas. Esta investigación pretende proporcionar información técnica y con los resultados se podrá implementar programas de manejo y conservación.

OBJETIVOS

General

- Cuantificar el contenido de carbono orgánico almacenado en la biomasa aérea, necromasa y raicillas a lo largo de un gradiente altitudinal en la microcuenca del río blanco, parroquia Quimiag, provincia de Chimborazo, Ecuador.

Específicos

- Determinar el contenido de carbono orgánico en la biomasa aérea, necromasa y raicillas en los ecosistemas bosque siempreverde montano alto, herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo en la microcuenca del río blanco.
- Comparar el contenido de carbono orgánico entre los diferentes ecosistemas y compartimientos a lo largo de la gradiente altitudinal en la microcuenca del río blanco.

HIPÓTESIS

Nula

- No existe una diferencia significativa entre la cantidad de carbono orgánico presente en los diferentes compartimientos y ecosistemas.

Alternativa

- Existe una diferencia significativa entre la cantidad de carbono orgánico presente en los diferentes compartimientos y ecosistemas.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 El carbono orgánico

Es el material derivado de la descomposición de las plantas, el crecimiento bacteriano y las actividades metabólicas de los organismos vivos, o de compuestos químicos (Nuevo, 2014, p. 15). El carbono es de naturaleza omnipresente: en el agua como compuestos de carbono disueltos (carbonatos) y en el aire como dióxido de carbono. Todos los seres vivos están formados por compuestos de carbono, que obtienen como resultado del metabolismo que tiene lugar durante su crecimiento y desarrollo, los cuales son liberados cuando mueren. Aproximadamente el 50% del peso seco de cualquier organismo vivo está compuesto por este elemento, lo que lo convierte en uno de los elementos más importantes de la vida (Ordóñez, 1999, p.13).

1.1.1. Ciclo del Carbono

El carbono es un elemento químico importante de compuestos de naturaleza orgánica, un elemento que circula entre los océanos, la atmósfera, el suelo y el subsuelo, y forma depósitos, reservorios o reservas de carbono. La migración entre sedimentos se produce por procesos químicos, físicos y biológicos. El intercambio de carbono entre reservorios terrestres y atmosféricos es el resultado de procesos naturales como la fotosíntesis y la respiración, así como la emisión de gases de origen antropogénico (Rügnitz, 2009, p.1).

El dióxido de carbono también se emite a la atmósfera a través del proceso de respiración y excreción de los animales, el carbono también puede estar presente en otros lugares como la resina, semillas, frutos y todos los productos orgánicos se trasladan fuera de su área de producción y se integran a la línea comercial, principalmente en el sistema urbano y sus alrededores. Una pequeña parte de la reserva de carbono puede filtrarse en la tierra y convertirse en parte de sumideros a largo plazo, como cuerpos de agua dulce u océanos.

Los árboles absorben dióxido de carbono del aire. Utilizando energía luminosa del sol (realizan la fotosíntesis) con agua y sales de la tierra, la convierten en sustancias orgánicas más sustanciosas que la propia materia orgánica (Ordóñez, 1999, p.14)

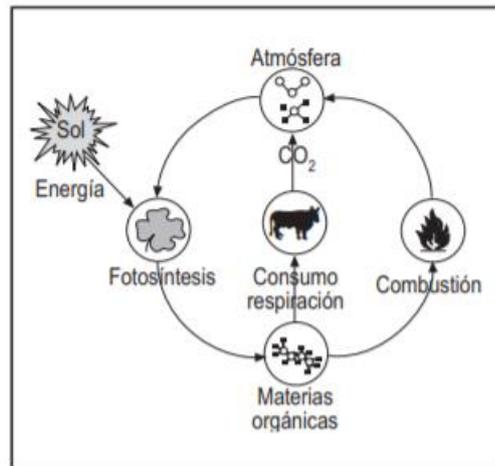


Figura 1-1. El ciclo del carbono.

Fuente: (Ordóñez, 1999, p.14).

1.1.2. Dióxido de carbono (CO₂)

El CO₂ es un gas inerte en condiciones normales y se produce principalmente como subproducto de la combustión. Este proceso puede representarse por la oxidación total de un hidrocarburo, como la oxidación de un compuesto olefínico simple. (Medina, 2010, p. 51).

1.1.3. Carbono en la atmósfera

De todos los gases de efecto invernadero, el CO₂ cobra especial relevancia por su efecto sobre las condiciones climáticas del planeta debido a que es un gas de larga permanencia, es decir, es un gas que permanece activo en la atmósfera durante mucho tiempo. Así, por ejemplo, del CO₂ emitido a la atmósfera, sobre el 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años (Solomón, 2007, p. 34).

1.1.4. El carbono en ecosistemas forestales

Una vez que el dióxido de carbono atmosférico se incorpora al metabolismo de la planta mediante la fotosíntesis, se une para formar materias primas como la glucosa, para formar todas las estructuras esenciales para el crecimiento de las plantas (hojas, ramas, raíces y tallos). A medida que el árbol crece, crecen hojas, ramas, flores, frutos y brotes (juntos forman la copa); así como la altura y grosor del tronco. El dosel necesita espacio para recibir energía solar en las hojas, lo que conduce a la competencia entre las copas de los árboles por la energía solar, creando así un dosel cerrado. Los componentes del árbol proveen la materia orgánica al suelo, cuando se descomponen, se combinan gradualmente y se forman en humus sedimentado que, a su vez,

contribuye a la formación de dióxido de carbono en el medio ambiente (Ordóñez, 1999, pp.14-15).

1.1.5. Mercados de carbono

Para el medio ambiente el cambio climático es considerado una de las amenazas más serias que según se estima tendrá un impacto negativo sobre la salud de los seres humanos, su seguridad alimenticia, la actividad económica, el agua y otros recursos naturales e infraestructura física. Los científicos concuerdan en que las crecientes concentraciones de emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero en la atmósfera de la Tierra están conduciendo a un cambio climático según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Eguren, 2004, p.9).

1.2. Biomasa

La biomasa es toda materia proveniente de compuestos orgánicos como árboles y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía. Se constituye en la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano. Además, es un tipo de energía renovable que puede suplir un porcentaje significativo de los requerimientos energéticos mundiales y, al mismo tiempo, revitalizar las economías rurales, proveyendo energía en forma independiente y segura y logrando importantes beneficios ambientales (Fortalecimiento de la capacidad en energía renovable para América Central, 2002, p.4).

El carbono vegetal es la suma de la biomasa aérea y la biomasa de las raíces. La biomasa aérea incluye tallos, hojas, ramas y follaje, mientras que el carbono en las raíces se define como biomasa de las raíces.

1.2.1. Biomasa aérea

La biomasa aérea es la parte biodegradable, que se puede obtener principalmente de los elementos vegetales que componen el ecosistema. Se considera que es biomasa aérea lo que se encuentra sobre el suelo, es decir, el material vegetal de los árboles, arbustos y hierbas desde el suelo hasta el dosel, incluidos los tallos, la corteza, las ramas, las hojas, las semillas y las flores.

1.2.2. Biomasa subterránea

La biomasa de raíces vivas, se descartan las raíces delgadas de menos de 2 mm de diámetro debido a la dificultad para distinguirlas de la materia orgánica del suelo (Rügnitz et al., 2009, p.11).

1.3. Métodos para cuantificar carbono

1.3.1. El método directo (o destructivo)

Utilizado para la construcción de ecuaciones alométricas y factores de expansión de la biomasa, consiste cortar uno o más individuos (árboles), determinar la biomasa por medio del peso directo de cada uno de los componentes (fuste, ramas y hojas) y extrapolar los resultados para el área total (Rügnitz et al., 2009, p.28).

Las desventajas de este método son el alto costo de aplicación, la necesidad de mucho tiempo, la dificultad de extraer componentes subterráneos y la destrucción de una gran cantidad de especímenes para obtener mejores resultados. Sin embargo, es el método más preciso para estimar la biomasa aérea.

1.3.2. Método indirecto

Consiste en utilizar ecuaciones o factores de expansión que permitan relacionar algunas dimensiones básicas obtenidas en campo (de fácil medición) con características de interés, de forma que no sea necesario medir estas últimas. Por ejemplo, se puede utilizar una ecuación que permita calcular la biomasa total de un árbol mediante la medición de su diámetro. Estas ecuaciones son generadas por medio de una técnica estadística llamada análisis de regresión (Rügnitz et al., 2009, p.28).

1.3.3. Factor de expansión

Se utiliza cuando no existe la información detallada de un inventario forestal con los parámetros de cada árbol. La biomasa total se obtiene al multiplicar este cociente por el volumen del fuste y luego por la densidad específica promedio de las especies (Loguercio & Defoseé, 2001, p. 67).

1.3.4. Determinación de stocks de carbono en el campo

El inventario de biomasa es un requisito previo para el desarrollo de proyectos para lograr créditos de carbono. El inventario cuantitativo del almacenamiento de carbono en diferentes depósitos en diferentes usos de los ecosistemas terrestres también ayuda a medir el impacto de un proyecto en particular en la remoción (secuestro) del dióxido de carbono (CO₂) presente en la atmósfera, fijándolo a la biomasa existente (Rügnitz et al., 2009, p.3).

1.3.5. Relación Biomasa - C – CO₂

Una tonelada de carbono equivale a 3,67 (toneladas) de dióxido de carbono (obtenido en base a los pesos moleculares del carbono y el dióxido de carbono, 12/44). Para saber cuánto dióxido de carbono se emite o almacena de la cantidad de carbono en un determinado compartimiento en particular, debe multiplicarse por 3,67. Hay que tener en cuenta que una tonelada de biomasa forestal contiene alrededor de 0,5 toneladas de carbono (Rügnitz et al., 2009, p.3).

Resumiendo:

$$1 \text{ t biomasa} \quad \pm 0,5 \text{ t C} \quad 3,67 \text{ t de CO}_2$$

1.4. Páramo

1.4.1. Los páramos en el Ecuador

La provincia de Chimborazo tiene una extensión de 648.124 hectáreas, y la transformación de áreas naturales en la provincia para agricultura, pastos, centros urbanos, infraestructura y otros usos abarca el 48% del territorio, incluyendo áreas sobre los 3.400 msnm que constituyen el límite altitudinal del páramo (Bustamante et al., 2011, p.45).

En todos los páramos del mundo se ha reportado un total de 3.595 especies, de las cuales 1.524 se encuentran en el Ecuador. Este valor ubica al Ecuador como el país con la flora de páramo más diversa en relación a su tamaño (Sklenář, 2005, p.609). Las plantas de los páramos de Chimborazo, así como las de otros páramos en el Ecuador, se han desarrollado como adaptaciones a climas extremos, características que no se encuentran en otros ecosistemas del mundo (Hofstede, 2001, p.21)

1.4.2. Cobertura y uso del suelo en los páramos de la provincia de Chimborazo

Los sistemas ecológicos ligados al páramo cubren una superficie total de 406.187 hectáreas de la provincia de Chimborazo, es decir el 62,7%. El sistema ecológico más dominante son los pajonales paramunos (más del 50%). En su mayoría estos están sujetos a uso de pastoreo extensivo, tanto de ganado vacuno como ovino (más de 200.000 hectáreas). Las áreas intervenidas, tanto para agricultura como ganadería intensiva y extensiva, representan más del 74%, frente a apenas 18% de ecosistemas en estado natural (incluido pajonal, bosques siempreverdes, eriales, glaciares, vegetación geliturbada y bofedales). También cabe señalar la presencia de áreas naturales en recuperación (bosques de Polylepis y pajonales) que alcanzan las 25.000 hectáreas (6%). Finalmente, también están presentes áreas relativamente pequeñas (menos del 1%) de reforestación con especies exóticas y suelos desnudos (arenales) (Bustamante et

al., 2011, p.48).

Tabla 1-1: Clasificación de los ecosistemas de paramo del Ecuador.

FORMACIONES ECOLÓGICAS	PRECIPITACIÓN ANUAL	ÁREA
Bosque húmedo subalpino	250 a 500mm	25.800 ha
Bosque muy húmedo subalpino	500 a 1000mm	207.950 ha
Bosque pluvial subalpino	1000 a 2000mm	213.125 ha
Subpáramo seco	250 a 500mm	110.225 ha
Subpáramo húmedo	500 a 1000mm	974.575 ha
Subpáramo muy húmedo	1000 a 2000mm	1'098.045 ha
Subpáramo lluvioso	>2000mm	104.675 ha

Fuente: (Camacho, 2014: p. 81)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Materiales y métodos

2.1.1. Caracterización del lugar

2.1.1.1. Localización

El área de estudio se localiza en la microcuenca del río blanco.

2.1.1.2. Condiciones climáticas

Temperatura: Temperatura media anual es de 13°C.

Precipitación: la precipitación promedio anual es de 512 mm

Humedad relativa: 75 a 80% (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, 2013, p.14).

2.1.2. Clasificación ecológica

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2013) la zona de estudio para esta investigación consta de tres ecosistemas las cuales se describen a continuación.

2.1.2.1. Bosque siempreverde montano alto del norte de la cordillera oriental de los Andes

Bosques siempreverdes poseen un dosel de 10 a 15 m de alto, los árboles se distinguen por tener troncos gruesos a veces torcidos y con raíces adventicias. En la vegetación que crece bajo los árboles se encuentran especies de helechos herbáceos de los géneros *Dicksonia* y *Cyathea*, en el estrato medio se observa gran cantidad de arbustos de los géneros *Calceolaria*, *Ribes*, *Rubus*, *Berberis*, *Ilex*, *Brachyotum* y *Miconia*; en las ramas y troncos hay abundancia de plantas epífitas vasculares y briofitas. Las áreas que se regeneran después de perturbaciones naturales o provocadas por el hombre suelen ser habitadas por especies de gramíneas que crecen hasta los 5–8 m de alto, comúnmente conocidas como suros (*Chusquea spp.*) Especies diagnósticas: *Aegiphila ferruginea*, *Axinaea affinis*, *A. quitensis*, *Blechnum auratum*, *Clethra crispera*, *C. fimbriata*, *C. revoluta*, *Clusia flaviflora*, *C. multiflora*, *Escallonia myrtilloides*, *Freziera canescens*, *Geissanthus andinus*, *Gynoxys acostae*, *G. baccharoides*, *Hedyosmum cumbalense*, *H.*

ferruginea, *H. obtusifolia*, *Ilex andicola*, *Meliosma arenosa*, *M. theizans*, *Myrcianthes hallii*, *Myrsine andina*, *M. dependens*, *Oreopanax avicenniifolius*, *O. bogotensis*, *O. ecuadorensis*, *Prunus huantensis*, *Ribes ecuadorensis*, *Ruagea hirsuta*, *Styloceras laurifolium*, *Symplocos fimbriata*, *Weinmannia fagaroides*, *W. mariquitae*, *W. microphylla*, *W. pinnata*, *W. rollottii*. *Brachyotum gracilescens*, *B. ledifolium*, *Cervantesia tomentosa*, *Diplostephium floribundum*, *Miconia bracteolata*, *M. crocea*, *M. salicifolia*, *Syphocampylus giganteus* (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013a: p.116).

2.1.2.2. *Herbazal del Páramo*

Herbazal denso dominado por gramíneas amacolladas mayores a 50 cm de altura; este ecosistema abarca la mayor extensión de los ecosistemas de montaña en el Ecuador; se extiende a lo largo de los Andes desde el Carchi hasta Loja (Valencia et al. 1999; Hofstede et al. 2003; Beltrán et al. 2009). Es característico del piso montano alto superior y se localiza generalmente en los valles glaciares, laderas de vertientes disectadas y llanuras subglaciares sobre los 3400 msnm. Especies diagnósticas: *Agrostis breviculmis*, *Calamagrostis intermedia*, *C. recta*, *C. effusa*, *Chrysactinium acaule*, *Festuca asplundii*, *Gnaphalium pensylvanicum*, *Oreomyrrhis andicola*, *Pteridium arachnoideum*, *Puya lanata*, *P. eryngioides*, *P. pygmaea*, *Paspalum tuberosum*, *Stipa ichu*, *Viola humboldtii*. Entre estos penachos crecen especies de pequeñas herbáceas como *Baccharis genistelloides*, *Bartsia pedicularoides*, *Bidens andicola*, *Bromus lanatus*, *Castilleja fissifolia*, *Calamagrostis effusa*, *Clinopodium nubigenum*, *Eryngium humile*, *Festuca asplundii*, *F. sublimis*, *Geranium sibbaldioides*, *Huperzia crassa*, *Hypochaeris sessiliflora*, *H. sonchoides*, *Niphogeton dissecta*, *Orthrosanthus chimboracensis*, *Pedicularis incurva*, *Puya glomerifera*, *Valeriana bracteata*, *V. clematitidis*, *V. microphylla*, *Werneria nubigena*; especies arbustivas dispersas de los géneros *Baccharis*, *Brachyotum*, *Diplostephium*, *Gaultheria*, *Pentacalia*, *Pernettya* entre otras (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013b: p.140).

2.1.2.3. *Arbustal siempreverde subnival del Páramo*

Herbazal mezclado con arbustos esclerófilos semipostrados con una altura entre 0,5 a 1,5 m (Cleef 1980,1981), ocurre en morrenas, circo glaciar, escarpamentos rocosos, depósitos de rocas glaciares y pendientes pronunciadas de arena o quebradas estrechas (Schubert 1979, 1980). Este ecosistema se caracteriza por tener una vegetación fragmentada, con suelo desnudo entre los parches de vegetación que se localiza en las cumbres más altas de la cordillera formando un sistema insular restringido al norte del Ecuador. Especies diagnósticas: *Arcytophyllum capitatum*, *Calamagrostis intermedia*, *Chuquiraga jussieui*, *Diplostephium rupestre*, *Draba aretoides*, *D. depresa*, *Festuca asplundii*, *Gentiana sedifolia*, *Lachemilla nivlalis*, *L. vulcania*, *Loricaria spp.*, *Luzula racemosa*,

Poa cucullata, *Valeriana microphylla*, *Xenophyllum humile*, *X. rigidum*, entre las especies de cojín están *Azorella aretioides*, *A. crenata*, *Plantago rigida* (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013c: p.148).

2.1.3. Materiales y equipos

2.1.3.1. Materiales de campo

GPS, cámara digital, portapapeles, hojas de campo, cinta métrica (50 m), tijera de podar, clinómetro, balanza digital, bolsas de papel, pala, machete, bolsas de plástico, fundas de halar, marcadores, pintura, Cuadro de madera (50 x 50 cm), piola, estacas.

2.1.3.2. Materiales y equipos de laboratorio

Balanza digital. Balanza analítica, estufa.

2.1.3.3. Materiales de oficina

- ✓ Computadora
- ✓ Programa (arccgis 10.5)
- ✓ Impresora
- ✓ Hojas de papel
- ✓ Libreta
- ✓ Lápiz.

2.2. Metodología

2.2.1. Selección de puntos.

Se realizó un mapeo para determinar los diferentes tipos de ecosistemas a lo largo de la gradiente altitudinal en la microcuenca del río blanco, mediante el programa arccgis (10.5). De allí se seleccionó los puntos de muestreo mediante un muestreo estratificado aleatorio. Los cuales se muestran en diferentes mapas temáticos.

2.2.2. Biomasa arbórea (t/ha)

2.2.2.1. Delimitación e inventario del área de estudio para la biomasa arbórea

Siguiendo la metodología planteada por el Ministerio del Ambiente se realizó un conglomerado, con tres parcelas de 20 x 20 m separadas 50 m, distribuidas en forma de L. Para determinar la biomasa arbórea para estimar el carbono almacenado se utilizó el método no destructivo. Se registraron todos los individuos mayores o iguales a 5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (HT) de cada árbol que se encontró al interior de cada parcela. Cada individuo tuvo una codificación según su parcela, ubicando el número de parcela del bosque, tamaño de la parcela y número del individuo, de la siguiente manera; bosque parcela uno, árbol número uno (BP1-1), esta codificación sirvió para identificarlos en las hojas de campo y tener un mejor manejo de los datos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012, p.10).

- Se aplicó un muestreo aleatorio por conglomerados, utilizando parcelas, dentro de las cuales se encuentran varias unidades de estudio no un solo elemento, entonces para determinar el tamaño de la muestra no se consideró número de elementos, sino parcelas.
- Con los datos del inventario se determinó el volumen total.
- Se identificó taxonómicamente las especies representativas en el herbario de la ESPOCH.

2.2.3. Cálculos para el inventario forestal

2.2.3.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

El diámetro a la altura del pecho DAP se calculó a partir de la medición del perímetro tomada en el tronco del árbol a la altura de 1,30 m. El DAP representa una línea recta que pasa por el centro del círculo. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$DAP = \frac{P}{\pi}$$

En donde: DAP = Diámetro a la altura del pecho (1,30 m)

P = Perímetro (1,30 m)

2.2.3.2. Área basal

El área basal, es la superficie de una sección transversal del tronco de un árbol a una determinada altura del suelo.

$$AB = \pi \left(\frac{DAP^2}{4} \right)$$

En donde:

AB = Área Basal

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1,30)

2.2.3.3. Cálculo del volumen

El volumen es la medida más utilizada para obtener la cantidad de madera sólida, suele medirse en metros cúbicos sólidos (m³).

$$Vv = (\pi(\frac{DAP^2}{4}) \times HT) \times 0,7$$

En donde: Vv = Volumen promedio

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1,30)

HT = Altura total

ff = factor de forma = 0.7

El factor de forma (ff) es una característica que tiene cada especie, pero, por convenio, se utiliza el valor de 0.70 para todas las especies (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2003, p.55).

2.2.3.4. Cálculo de biomasa

La biomasa se calculó multiplicando el volumen de las muestras, con la densidad básica de la madera, como lo muestra la siguiente ecuación.

$$B = Vv \times Db \text{ (Aguirre y Aguirre, 2004, p.32).}$$

En donde:

B = Biomasa total

Vv = Volumen promedio (m³)

Db = Densidad básica (kg/m³)

La densidad básica por género o especie obtenida en este estudio reportada por The Global Wood Density (GWD) y por el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

2.2.3.5. Factores de expansión de biomasa

Para determinar el carbono almacenado y para hacer proyecciones, investigaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2003, p.49) utilizaron los siguientes factores de expansión:

- El factor de expansión de (copa). Al no existir estudios específicos para cada especie sobre el volumen de ramas y follaje, se utilizó un valor genérico de 1,5 para especies latifoliadas.
- Para el caso de la raíz se estima que el 30 % de la biomasa total del árbol corresponde a la raíz. (MacDicken, 1994). Según Dixon (1995) menciona que la biomasa de raíces representa el

10% de la biomasa aérea en sitios húmedos.

2.2.3.6. Biomasa y carbono total en el ecosistema bosque siempreverde montano alto

Para el cálculo total de la biomasa del árbol, se consideró la biomasa radicular y de copa.

Biomasa de copa = Biomasa del árbol * 1,5
Biomasa de raíz = Biomasa de copa * 0,10

Biomasa total del árbol = Biomasa del árbol + Biomasa de raíz + Biomasa de copa.

Para la estimación del contenido de carbono se utilizó el factor de conversión de 0,5 propuesto por IPCC (1996), Gaillard et al., (2002).

Tabla 1-2: Datos para el contenido de carbono orgánico presente en el ecosistema bosque siempreverde montano alto.

Especie	Densidad de madera (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Biomasa del árbol (Kg)	Factor de expansión de copa	Biomasa de copa (Kg)	Factor de expansión de raíz	Biomasa de raíz (kg)	Contenido Carbono/árbol (kg)
---------	--	------------------------------	---------------------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------	-------------------------	---------------------------------

Realizado por: Miranda, Stevens, 2021.

2.2.4. Estimación de carbono de la necromasa del bosque siempreverde montano alto

La metodología utilizada establecida por (Ministerio del Ambiente y ONU-REDD+, 2012: p.10) fue por conglomerados, el cual consta de tres parcelas colocadas en campo en forma de L, cada una tiene una separación de 250 metros, medidas con una cinta métrica cada parcela se dividió en tres subparcelas con una separación 20x20 metros.

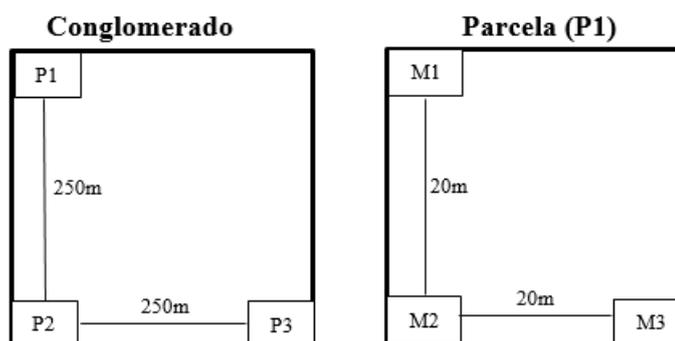


Figura 1-2. Estructura del conglomerado para la recolección de muestras.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2021.

Para el análisis del carbono presente sobre el suelo incluidos diferentes tipos de tejidos vegetales (por ejemplo, hojarasca, madera muerta, cáscaras de frutos), se establecieron parcelas anidadas en cada una de las subparcelas. Estas parcelas tuvieron un área de 0,25 m², es decir de 50 x 50 cm

Calderón et al. (2013, p. 15).

Las muestras de necromasa recolectadas, se pesaron en verde y fueron trasladadas al laboratorio para su secado en una estufa a una temperatura de 105 °C hasta alcanzar el peso constante (peso seco).

2.2.5. *Estimación de carbono presente en el ecosistema herbazal de páramo y ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo*

El procedimiento para la toma de muestras de la biomasa aérea, necromasa y raicillas de estos ecosistemas son las siguientes:

- En un área de 50 x 50 cm, en el primer punto de la parcela, en un área significativa se colocó el cuadro de madera y se cortó toda la biomasa (paja) que este dentro del cuadro, con la herramienta más óptima.
- Una vez cortada la biomasa y necromasa, se colocó en fundas debidamente etiquetadas y a continuación se pesó el contenido con una balanza portátil (gramos).
- Para las raíces con la ayuda de una hoyadora se extrajeron las muestras de este ecosistema cavando monolitos con dimensiones de 10×10×30 cm (largo × alto × ancho).
- Cada una de estas muestras se almacenaron en fundas etiquetadas anteriormente, una vez tomadas las muestras cada una de ellas con su respectivo código se registró su peso en verde y fueron trasladadas hacia el lugar de almacenamiento para luego ser analizadas en el laboratorio con el Grupo de Investigación y Desarrollo para el Cambio Climático (GIDAC) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.2.6. *Fase de laboratorio*

2.2.6.1. *Biomasa aérea y necromasa*

- Cuando las muestras llegaron al laboratorio, el siguiente paso es colocar 20 gramos de biomasa, necromasa en canastas de aluminio y pesar en una balanza analítica (Quiceno et al., 2016: pp. 171-202).
- Todas las muestras se colocaron en la estufa a 105 °C por 24 horas.
- Al siguiente día todas las muestras que ingresaron a la estufa se las debe pesar para obtener la relación de peso seco sobre peso húmedo.
- Todos los datos obtenidos en campo y en el laboratorio fueron ingresados en una tabla de excel para ser analizados.

2.2.6.2. *Biomasa Subterránea (raíces)*

- Una vez que las muestras de biomasa subterránea estén en el laboratorio, se procede a quitar el exceso de tierra y con ayuda de un tamiz de metal y abundante agua se lava por completo todas las raíces, hasta que queden relativamente limpias.
- El siguiente paso es dejarlas secar en el sol sobre papel de empaque o cualquier otro papel que sea resistente.
- Luego de aproximadamente una hora cuando las raíces estén secas, se procede a pesar sobre una canasta de aluminio en una balanza analítica para obtener su peso húmedo.
- Todas estas muestras ingresan en una estufa a 105 °C por 24 horas, luego de este tiempo, se pesaron para obtener su peso seco.
- Todos los datos obtenidos en el laboratorio fueron tabulados para el desarrollo del estudio, además, las combinaciones de variables permitieron corroborar las hipótesis planteadas.

2.2.7. Para cumplir el segundo objetivo: Comparar el contenido de carbono orgánico entre los diferentes ecosistemas y compartimientos a lo largo de la gradiente altitudinal en la microcuenca del río blanco

Se generaron tablas comparativas entre las cantidades de carbono orgánico almacenado y se realizó un análisis de varianza (ADEVA) que es una técnica central en el análisis de datos experimentales. La idea general de esta técnica es separar la varianza total en las partes en las que cada fuente de variación contribuye al experimento. En el caso del diseño completamente al azar (DCA), se separa el cambio causado por el procesamiento y el error. Cuando el primer método prevalece “claramente” sobre el segundo, es decir, cuando se concluye que los tratamientos funcionan, es decir, las medias son diferentes. Cuando los tratamientos no son dominantes, su contribución es igual o menor que el error, por lo que se infiere que las medias son iguales (Gutiérrez y De la Vara 2008: p.65).

Se determinó el coeficiente de variación y la prueba de Tukey al 5 %.

Tabla 2-2: ADEVA para el diseño completamente al azar (DCA).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fo	Valor P
Tratamientos	$SCTRAT$	$k-1$	$CMQA = \frac{SCTRAT}{k-1}$	$\frac{CMTRAT}{CME}$	$P(F > F_0)$
Error	SCE	$N-k$	$CME = \frac{SCE}{N-k}$	-	-
Total	SCT	$N-1$	-	-	-

Fuente: (Gutiérrez y De la Vara, 2008, p. 69)

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estadístico descriptivo

3.1.1. Lugar de muestreo

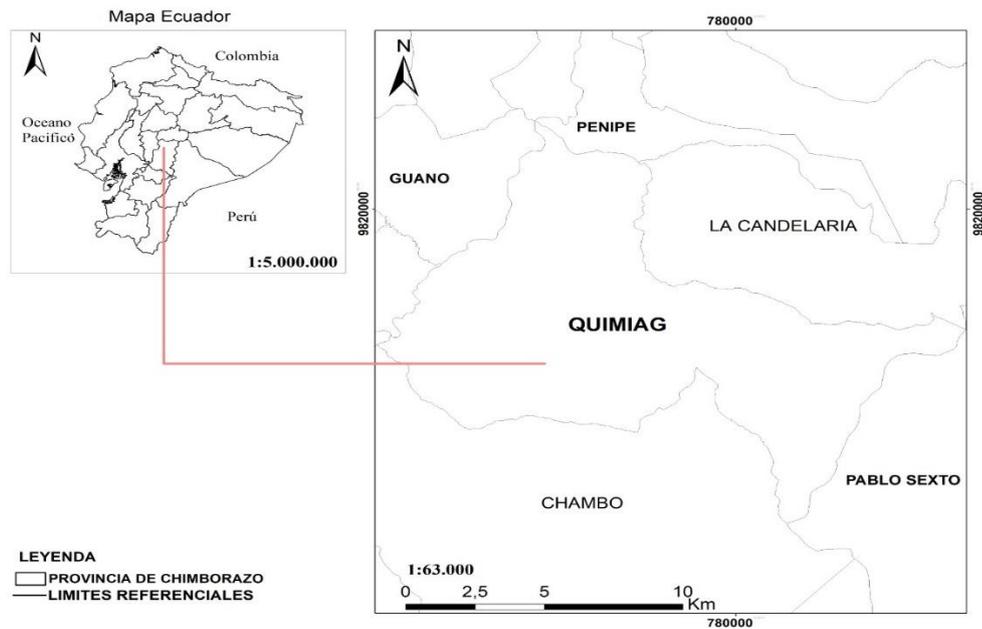


Figura 1-3. Ubicación de la parroquia Quimiag.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

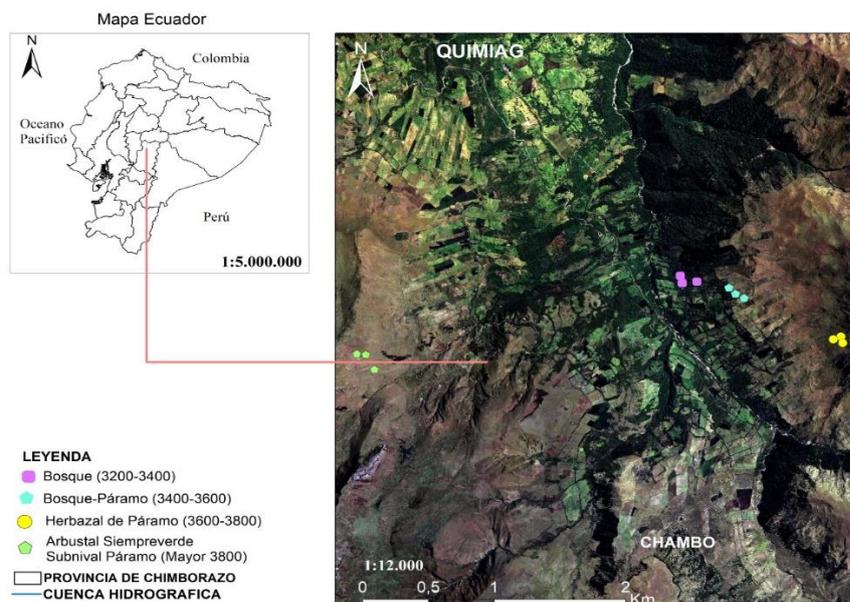


Figura 2-3. Puntos de muestreo en la parroquia Quimiag.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.1.2. Gradiente altitudinal en la microcuenca del río blanco

Tabla 1-3: Distribución de los ecosistemas por rangos altitudinales en la parroquia Quimiag.

Ecosistema	Rango altitudinal (msnm)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Bosque siempreverde montano alto	3201-3400	792,11	12,96
Herbazal de páramo	3401-3600	3096,84	50,67
	3601-3800		
Arbustal siempreverde subnival del páramo	3801-4000	2222,77	36,37
	Total	6111,72	100,00

Realizado por: Miranda Silva, Stevens, 2022.

En el ecosistema de bosque siempreverde montano alto se establecieron 3 parcelas para el inventario forestal y la obtención de biomasa aérea y biomasa subterránea, además de 9 parcelas para el compartimiento de la necromasa a una altitud de 3201-3400 m.s.n.m. mientras que en el ecosistema herbazal del páramo se establecieron 9 puntos de monitoreo en dos pisos altitudinales que van desde los 3401-3600 m.s.n.m. y 3601-3800 m.s.n.m., en el ecosistema denominado arbustal siempreverde subnival del páramo se instauraron 9 puntos de monitoreo a una altitud de 3801-3400 m.s.n.m.

3.1.3. Cantidad de carbono orgánico en el ecosistema bosque siempreverde montano alto

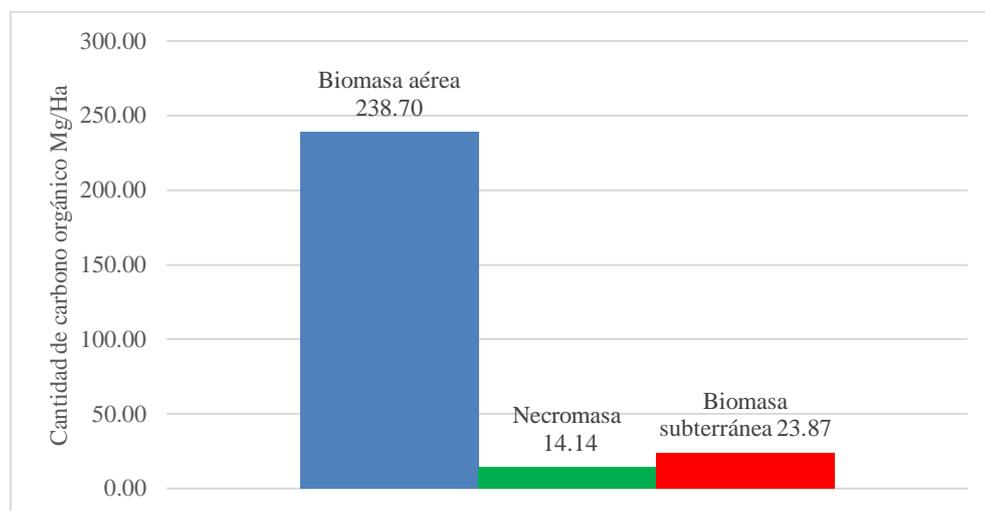


Gráfico 1-3. Contenido de carbono orgánico (Mg/ ha) en el ecosistema bosque siempreverde montano alto, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.1.3.1. Carbono orgánico en biomasa aérea en el ecosistema bosque siempreverde montano alto

En el gráfico 1-3 sobre el contenido de carbono orgánico en el ecosistema bosque siempreverde montano alto se observa que el valor estimado para la biomasa aérea es de 238,70 (MgC/ha), datos similares a lo reportado por (Collahuazo & Taicud, 2018, p.50) en el bosque nublado de la Reserva Sabia

Esperanza ubicada en Imbabura- Ecuador con 243,4 (MgC/ha).

Tabla 2-3: Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque en biomasa aérea de diferentes localidades.

Ubicación	Especificación	Altitud	Carbono almacenado (TnC/ha)	Autor
Imbabura, Ecuador	Bosque nublado de la Reserva Sabia Esperanza,	3000	243,4	(Collahuazo & Taicud, 2018)
Loja, Ecuador	Bosque montano	3060	369	(Leuschner et al., 2007)
Pichincha, Ecuador	Bosque de Polylepis sp Provincia de Pichincha, Ecuador	3600	183	(Fehse et al., 2002)
Oaxaca, México	Bosque montano alto	2050	110,8	(Álvarez, 2010)
	Bosque montano alto	2500	207,3	

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

Posiblemente la gran diferencia del contenido de carbono orgánico especialmente en el compartimento arbóreo (biomasa aérea) está influenciada por el uso de las densidades básicas de las especies, el diámetro a la altura del pecho y la altura de cada individuo, ya que se encontró individuos con fustes delgados y gruesos. Otro punto a tener en cuenta es que probablemente diversos factores como la edad del bosque el nivel de intervención e impacto y el estado final del bosque después de una tala o aprovechamiento de la madera.

3.1.3.2. Carbono orgánico en necromasa en el ecosistema bosque siempreverde montano alto

En el estudio de (Aguirre Mendoza & Quizhpe, 2018), el contenido de carbono orgánico en el compartimento de la necromasa en el bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro” representa 10,075 (MgC/ha); datos diferentes a los 14,14 (MgC/ha) que se reportan en este estudio.

Tabla 3-3: Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque en necromasa de diferentes localidades.

Ubicación	Especificación	Altitud	Carbono almacenado (MgC/ha)	Autor
Loja, Ecuador	Bosque andino en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”	2 520	10,07	(Aguirre Mendoza & Quizhpe, 2018)
Azuay, Ecuador	Bosque Protector Aguarongo	3320	1,1	(López, 2017)
Oaxaca, México	Bosque montano alto	2050	18,15	(Álvarez, 2010)
	Bosque montano alto	2500	12,66	

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

De acuerdo con Arnaldos et al. (2004, p.40), la necromasa depende de la tasa de producción de cada comunidad vegetal; la descomposición, el tiempo que tarda la capa superior del suelo en descomponerse. La actividad de los descomponedores aumenta a mayor temperatura y humedad y disminuye con la sequía. Este autor sugiere que a veces la tasa de producción de hojarasca es mayor que la tasa de descomposición y acumulación de materia seca sobre el suelo.

3.1.3.3. Carbono orgánico en biomasa subterránea en el ecosistema bosque siempreverde montano alto

Comparando con el estudio en bosques montanos de Álvarez et al. (2013), el cual manifiesta que la acumulación del contenido de carbono orgánico para la biomasa subterránea corresponde 26,3 (MgC/ha) y los resultados de (Alvarado & Cobos, 2019, p.15) en los bosques montanos en la provincia del Azuay, reporta 24,72 (MgC/ha) en la biomasa subterránea, datos que demuestran similitud a los obtenidos en esta investigación con 23,87 (MgC/ha).

Tabla 4-3: Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque en biomasa subterránea de diferentes localidades.

Ubicación	Especificación	Altitud	Carbono almacenado (MgC/ha)	Autor
Loja, Ecuador	Bosques nublados del sur del Ecuador	3060	19	Moser et al. (2011)
Azuay, Ecuador	Bosques montanos	3 800	24,72	(Alvarado & Cobos, 2019)
Oaxaca, México	Bosque montano alto	2050	21,1	(Álvarez, 2010)
Oaxaca, México	Bosques de la comunidad indígena de Santa Cruz	1450	26,3	(Alvarez et al., 2013)

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

De acuerdo con Fonseca (2017, p.98), las raíces han representado el 10% de la biomasa aérea por lo que la identificación actual es coherente con estudios enfocados en este ecosistema de bosque siempre verde montano alto, en donde se muestran no solo fuertes cambios en el almacenamiento de carbono, sino también diferencias metodológicas que se realizaron en las diferentes investigaciones.

En cuanto a la cantidad de necromasa y biomasa acumulada para este estudio, tal y como era de esperarse la biomasa presento una marcada diferencia, lo cual va de acuerdo a lo estimado por Araujo-Murakami et al., (2011, p.115), el cual reporta que la necromasa representa en promedio el 11% de la masa aérea viva. Asimismo, (Pillaca y Florez, 2014: p.23) reporta este mismo patrón.

3.1.4. Cantidad de carbono orgánico en el ecosistema herbazal de páramo

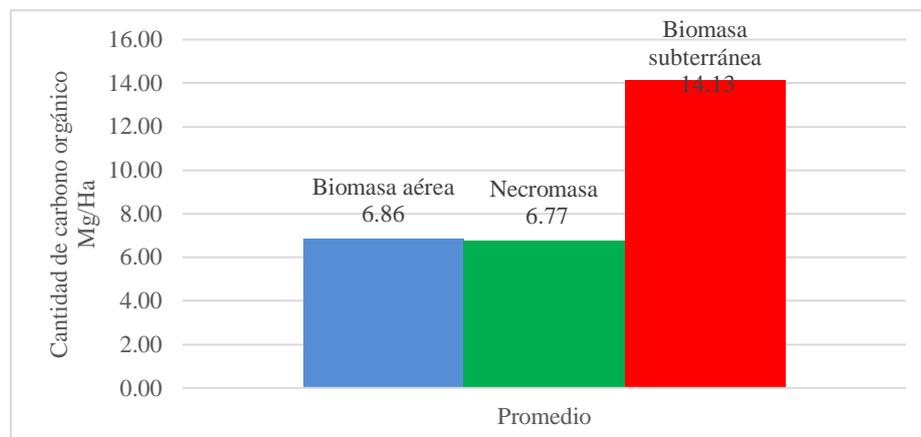


Gráfico 2-3. Contenido de carbono orgánico (Mg/ ha) en el ecosistema herbazal de páramo, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.1.4.1. Carbono orgánico en biomasa aérea en el ecosistema herbazal de páramo

En el gráfico 2-3 sobre el contenido de carbono orgánico en el ecosistema herbazal de páramo en la biomasa aérea se observa que el valor estimado es 6,86 (MgC/ha), datos similares a lo reportado por (Ruiz, 2018, p.25) en el ecosistema herbazal de páramo en la microcuenca Cachipata, comunidad Llucud, cantón Chambo con 6,5 (MgC/ha).

Tabla 5-3: Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo en biomasa aérea de diferentes localidades.

Ubicación	Especificación	Altitud	Carbono almacenado (MgC/ha)	Autor
Loja, Ecuador	Páramo herbáceo	3 800	4,12	(Moreno & Quinde, 2017)
Chimborazo, Ecuador	Herbazal de páramo	3800	6,5	(Ruiz, 2018)
Perú	Microcuencas de Chinata y Gocta, Región Amazonas	-	10,1	(Oliva et al., 2017)

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.1.4.2. Carbono orgánico en necromasa en el ecosistema herbazal de páramo

En el estudio de (Moreno y Quinde, 2017, p.45), el contenido de carbono orgánico en el compartimiento de la necromasa en el páramo herbáceo representa 2,38 (MgC/ha); datos que difieren a los 6,77 (MgC/ha) que se reportan en este estudio. Diversos estudios han demostrado que existe una mayor correlación entre la cantidad de carbono y variables climáticas como la precipitación y la temperatura son responsables del 37% de la variación del contenido de carbono, sin embargo, otras variables como la altitud y la pendiente son responsables del 9% del contenido de carbono (Hontoria et al., 2004: p.150).

Tabla 6-3: Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo en necromasa de diferentes localidades.

Ubicación	Especificación	Altitud	Carbono almacenado (TnC/ha)	Autor
Loja, Ecuador	Páramo herbáceo	3800	2,38	(Moreno & Quinde, 2017)
Cayambe, Ecuador	Páramo Jambimachi	3750	9,48	(Guachamin, 2017)
Chimborazo, Ecuador	Herbazal de páramo	3800	2,9	(Ruiz, 2018)

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.1.4.3. Carbono orgánico en biomasa subterránea en el ecosistema herbazal de páramo

Comparando con el estudio en el ecosistema herbazal de páramo (Ruiz, 2018, p.31), el cual manifiesta que la acumulación del contenido de carbono orgánico para la biomasa subterránea corresponde 15,88 (MgC/ha) y los resultados de (Guachamin, 2017, p.31) en Cayambe, reporta 13,58 (MgC/ha) en la biomasa subterránea, los resultados en esta investigación son de 14,13 (MgC/ha) por lo que este valor se encuentra en un rango intermedio a estos otros estudios.

Un factor a considerar es un aumento de la temperatura, esto conduce a una mayor acumulación de biomasa, lo cual es una gran limitación para el crecimiento de la vegetación, lo que puede llevar a una mayor producción de raíces que aumentaría la entrada de materia orgánica en el suelo (Hofstede, et al, 2014, p.73).

Tabla 7-3: Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo en biomasa subterránea de diferentes localidades.

Ubicación	Especificación	Altitud	Carbono almacenado (TnC/ha)	Autor
Chimborazo, Ecuador	Herbazal de páramo	3800	15,88	(Ruiz, 2018)
Cayambe, Ecuador	Páramo Jambimachi	3750	13,58	(Guachamin, 2017)

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.1.5. Cantidad de carbono orgánico en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo

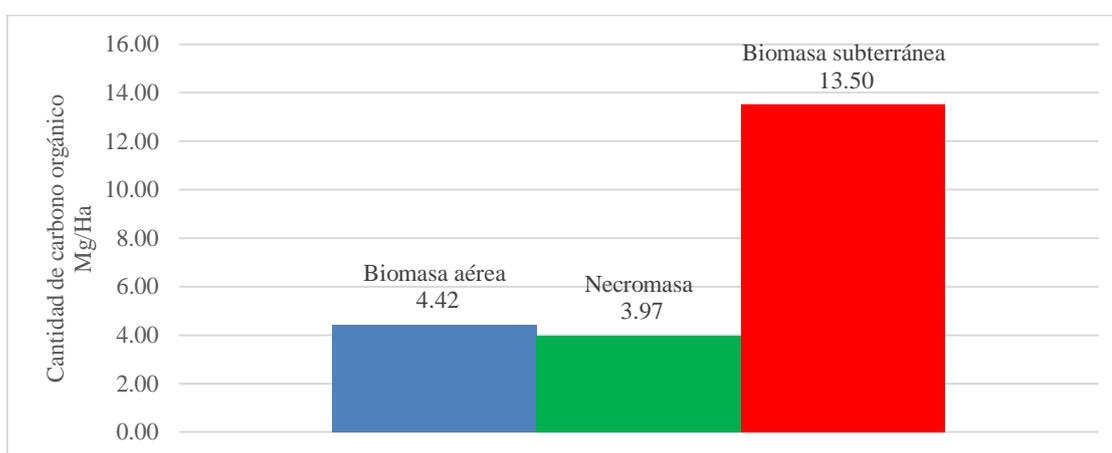


Gráfico 3-3. Contenido de carbono orgánico (Mg/ha) en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.1.5.1. *Carbono orgánico en biomasa aérea en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo*

En el gráfico 3-3 sobre el contenido de carbono orgánico en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo se observa que el valor estimado para la biomasa aérea es de 4,42 (MgC/ha), datos superiores a lo reportado por (Albán y Granda, 2013: p.38) con 3,27 (MgC/ha).

En el páramo algunos estudios sugieren que esta diferencia puede deberse a variaciones ambientales. Por ejemplo, se reportan correlaciones positivas y débiles entre biomasa aérea con la temperatura media anual, precipitación media anual, altitud y ángulo de pendiente (Spracklen et al., 2014).

Tabla 8-3: Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo en biomasa aérea de diferentes localidades.

Ubicación	Especificación	Altitud	Carbono almacenado (MgC/ha)	Autor
Pichincha, Ecuador	Páramo de la reserva ecológica Yanacocha	4300	3,27	(Albán & Granda, 2013)
Chimborazo, Ecuador	Herbazal de páramo	4000	10,1	(Ruiz, 2018)
Tungurahua, Ecuador	Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	4100	3,8	(Terán et al., 2019)

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.1.5.2. *Carbono orgánico en necromasa en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo*

En el estudio de (Albán y Granda, 2013, p.40), el contenido de carbono orgánico en el compartimiento de la necromasa en el páramo de la reserva ecológica Yanacocha representa 6,5 (MgC/ha); datos que difieren a los 3,97 (MgC/ha) que se reportan en este estudio, el contraste observado en los valores de carbono probablemente se deba a las diferentes especies dominantes y por lo tanto, afecta su captura y almacenamiento.

Tabla 9-3: Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo en necromasa de diferentes localidades.

Ubicación	Especificación	Altitud	Carbono almacenado (MgC/ha)	Autor
Pichincha, Ecuador	Páramo de la reserva ecológica Yanacocha	4300	6,5	(Albán & Granda, 2013)
Chimborazo, Ecuador	Herbazal de páramo	4000	8,8	(Ruiz, 2018)
Tungurahua, Ecuador	Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	4131	4,4	(Terán et al., 2019)

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.1.6. Comparación del carbono orgánico total (suma)(Mg/ha) entre los diferentes ecosistemas y compartimientos

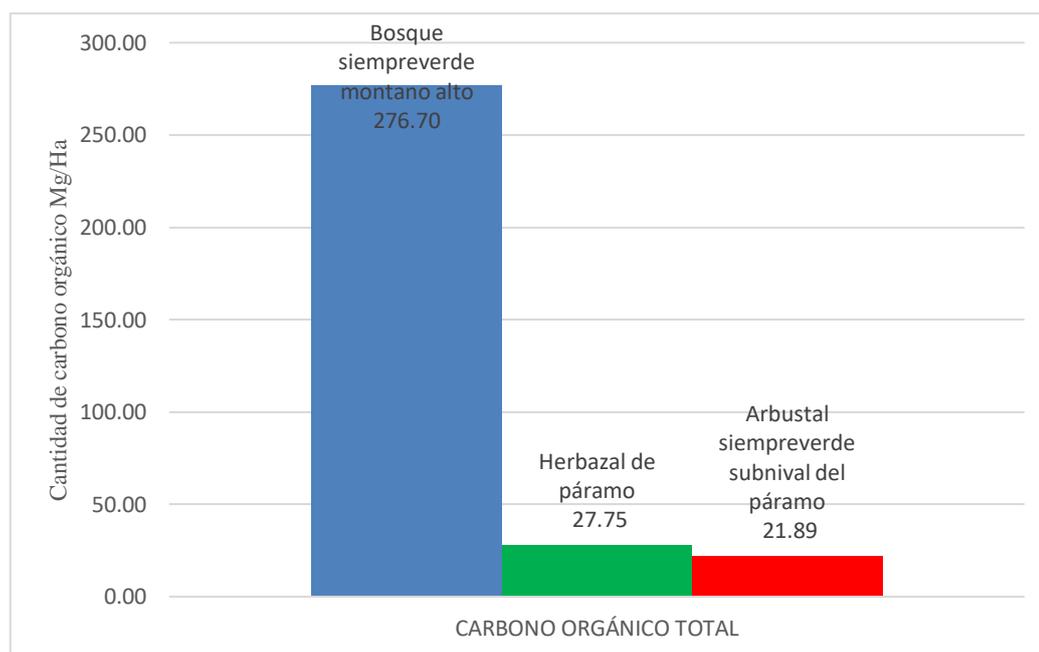


Gráfico 4-3. Contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para los tres diferentes ecosistemas y compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

En el gráfico 4-3 se observa el contenido del carbono orgánico total, en donde el pico más alto es de 276,70 MgC/Ha para el ecosistema de bosque siempre verde montano alto y disminuye para los ecosistemas herbazal de páramo 27,27 MgC/Ha y arbustal siempreverde subnival del páramo 21,89 MgC/Ha.

En los ecosistemas forestales, el secuestro y la preservación del contenido de carbono es uno de los principales servicios eco sistémicos pero los páramos también pueden contribuir de manera importante al almacenamiento de carbono, la conversión del uso suelo de un ecosistema a otro puede conducir a la pérdida de las altas reservas de carbono que estos poseen.

El contenido de carbono alcanzado por el bosque siempre verde montano alto llega a ser muy superior con respecto a los valores alcanzados en los ecosistemas de páramo, esto debido a que la biomasa y la estructura de los árboles es mucho más grande. En contraste con el ecosistema de bosque al estar conformado por vegetación corta y menos densa para los ecosistemas de páramo, el contenido de carbono orgánico es más bajo.

3.2. Análisis estadístico - ADEVA

3.2.1. Análisis estadístico – ADEVA para el ecosistema bosque siempre verde montano alto 3201-3400 m.s.n.m

En la tabla 10–3 se realizó el análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en el ecosistema bosque siempre verde montano alto, donde indica que existe una diferencia altamente significativa.

Tabla 10-3: Análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque siempre verde montano alto 3201-3400 m.s.n.m.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Significancia
Bosque	2	290016	145008	134,36	0,000	**
Error	24	25901	1079			
Total	26	315917				

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

La prueba de Tukey y una confianza de 95% para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en el ecosistema bosque siempre verde montano alto; presentó dos agrupaciones, en el rango “A” se encuentra la biomasa aérea con una media de 238,7 MgC/Ha, en el rango “B” se ubica el compartimiento de la necromasa y biomasa subterránea (raíces) con una media de 23,87 y 14,14 MgC/Ha respectivamente.

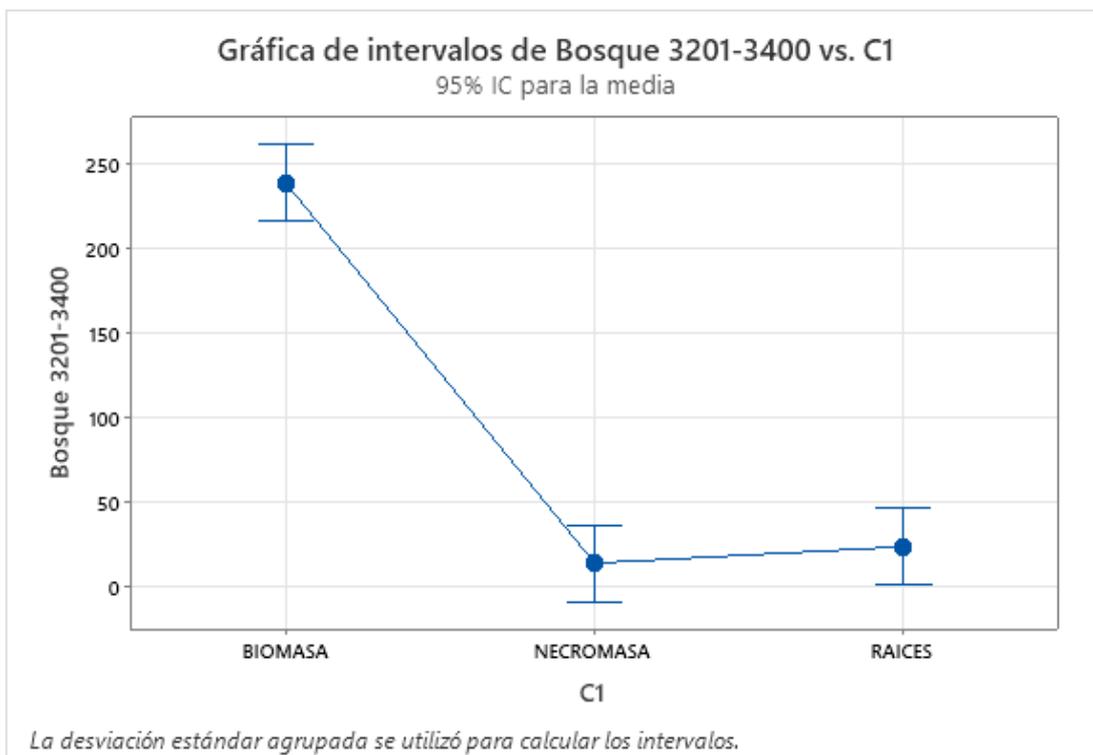


Gráfico 5-3. Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque siempre verde montano alto 3201-3400 m.s.n.m, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

En el Gráfico 6-3, el compartimiento de biomasa aérea con respecto a los demás compartimientos tiene la media más alta, el compartimiento de necromasa tiene la media más baja, para la biomasa subterránea (raíces) presenta un leve crecimiento del contenido de carbono orgánico pero estos dos últimos compartimientos no presentan diferencias significativas.

Tabla 11-3. Prueba de Tukey y una confianza de 95% para el ecosistema bosque siempreverde montano alto 3201-3400 m.s.n.m.

C1	N	Media	Agrupación	
BIOMASA	9	238,7	A	
RAICES	9	23,87		B
NECROMASA	9	14,137		B

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

El gráfico 5-3 indica que hay dos grupos significativamente diferentes que corresponde a necromasa-biomasa y raíces-biomasa, basado en las diferencias de las medias entre grupos tenemos que el grupo de raíces-necromasa presentan similitudes en las medias por lo que cada compartimiento tiene que ser analizado individualmente.

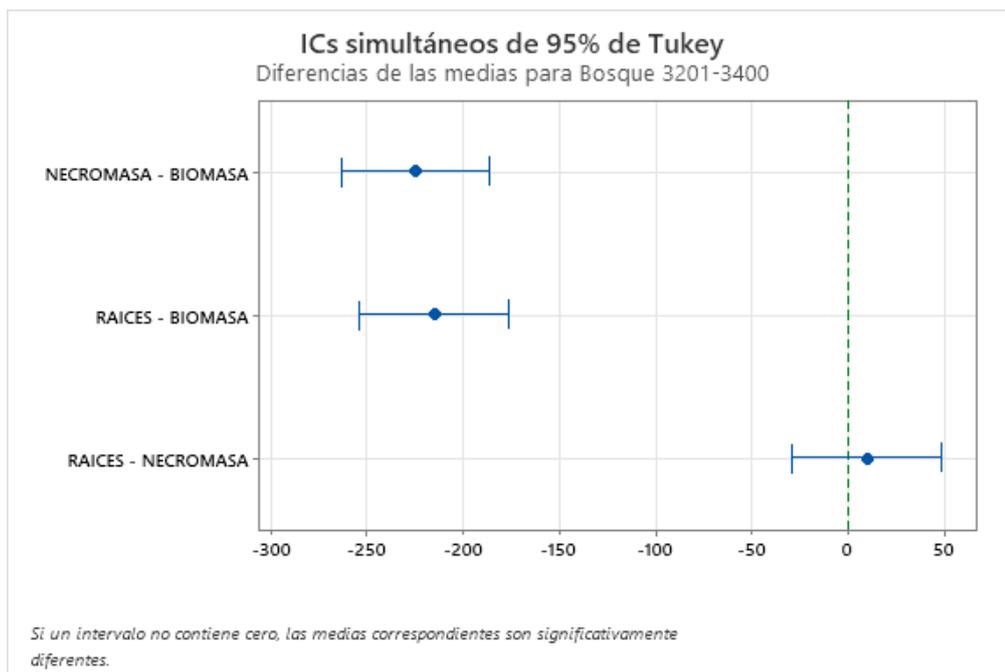


Gráfico 6-3. Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema bosque siempre verde montano alto 3201-3400 m.s.n.m, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.2.1.1. *Carbono orgánico en biomasa subterránea en el ecosistema arbustal siempre verde subnival del páramo*

Comparando con el estudio en el superpáramo en la Reserva Yanacocha de (Calderón et al., 2013, p.54), el cual manifiesta que la acumulación del contenido de carbono orgánico para la biomasa subterránea corresponde 8,8 (MgC/ha), (Ruiz, 2018, p.31) menciona que la biomasa subterránea almacena 15,43 (MgC/ha), los resultados en esta investigación son de 13,50 (MgC/ha) valores similares a los reportados en otras investigaciones.

Los métodos para medición de biomasa radicular de los ecosistemas no están bien establecidos, y debido a su dificultad como a la alteración del suelo, la mayoría de los trabajos no la estiman a través de la extracción directa.

Tabla 12-3: Comparación del carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal subnival del páramo en biomasa subterránea de diferentes localidades.

Ubicación	Especificación	Altitud	Carbono almacenado (MgC/ha)	Autor
Chimborazo, Ecuador	Herbazal de páramo	4000	15,43	(Ruiz, 2018)
Pichincha, Ecuador	Superpáramo	4350	8,8	(Calderón et al., 2013).

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.2.2. Análisis estadístico - ADEVA para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m

En la tabla 13-3 se realizó el análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m, donde indica que existe una diferencia altamente significativa.

Tabla 13-3: Análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Significancia
Herbazal	2	414,41	207,205	107,62	0,000	**
Error	24	46,21	1,925			
Total	26	460,62				

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

La prueba de Tukey y una confianza de 95% para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600; presentó dos agrupaciones, en el rango “A” se encuentra la biomasa subterránea (raíces) con una media de 14,44 MgC/Ha, en el rango “B” se ubica el compartimiento de la necromasa y biomasa aérea con una media de 6,37 y 5,90 MgC/Ha respectivamente.

Tabla 14-3: Prueba de Tukey y una confianza de 95% para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m.

C1	N	Media	Agrupación	
RAICES	9	14,443	A	
NECROMASA	9	6,376		B
BIOMASA	9	5,909		B

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

El gráfico 7-3 indica que hay dos grupos significativamente diferentes que corresponde a raíces-biomasa y raíces-necromasa, basado en las diferencias de las medias entre grupos tenemos que el grupo de necromasa-biomasa presentan similitudes en las medias por lo que cada compartimiento tiene que ser analizado individualmente.

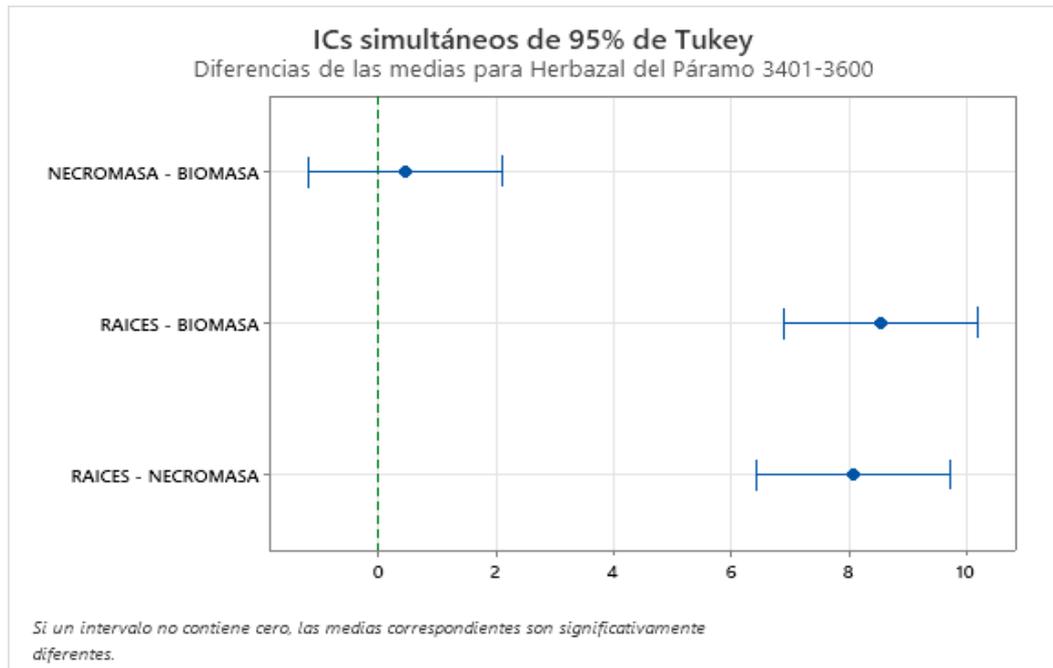


Gráfico 7-3. Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

En el Gráfico 8-3, el compartimiento de biomasa aérea tiene la media más baja, seguido del compartimiento de la necromasa estos dos compartimientos no presentan diferencias significativas con respecto a la biomasa subterránea (raíces).

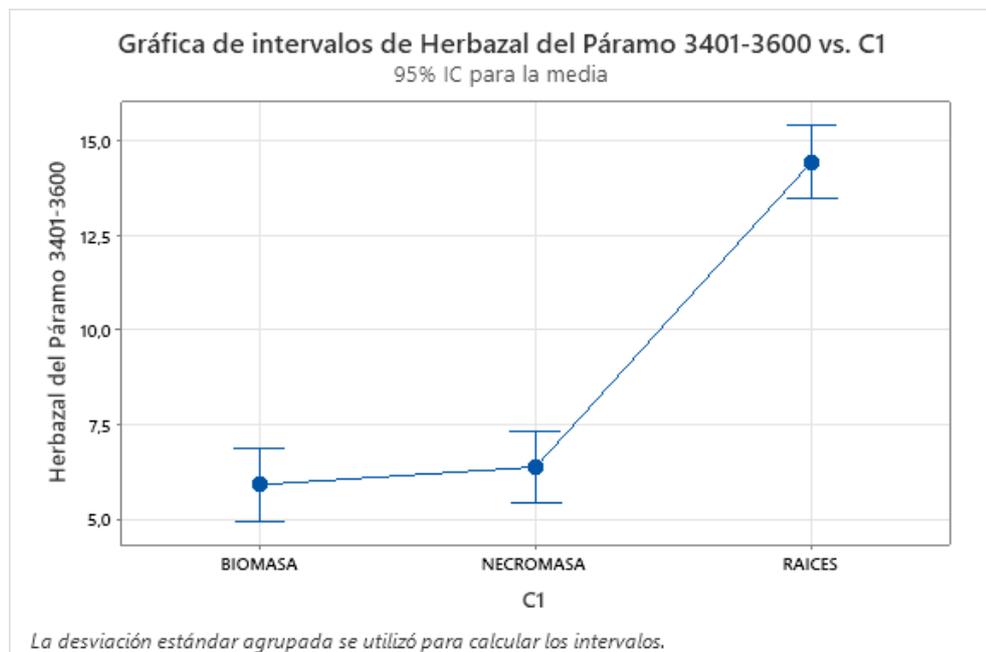


Gráfico 8-3. Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3401-3600 m.s.n.m, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.2.3. Análisis estadístico - ADEVA para el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m

En la tabla 15-3 se realizó el análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m, donde indica que existe una diferencia altamente significativa.

Tabla 15-3: Análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Significancia
Herbazal	2	242,64	121,318	194,07	0,000	**
Error	24	15,00	0,625			
Total	26	257,64				

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

La prueba de Tukey y una confianza de 95% para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800; presentó dos agrupaciones, en el rango “A” se encuentra la biomasa subterránea (raíces) con una media de 13,81 MgC/Ha, en el rango “B” se ubica el compartimiento de la necromasa y biomasa aérea con una media de 7,80 y 7,15 MgC/Ha respectivamente.

Tabla 16-3: Prueba de Tukey y una confianza de 95% para el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m.

C1	N	Media	Agrupación	
RAICES	9	13,817	A	
BIOMASA	9	7,807		B
NECROMASA	9	7,158		B

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

El gráfico 9-3 indica que hay dos grupos significativamente diferentes que corresponde a raíces-biomasa y raíces-necromasa, basado en las diferencias de las medias entre grupos tenemos que el grupo de necromasa-biomasa presentan similitudes en las medias por lo que cada compartimiento tiene que ser analizado individualmente.

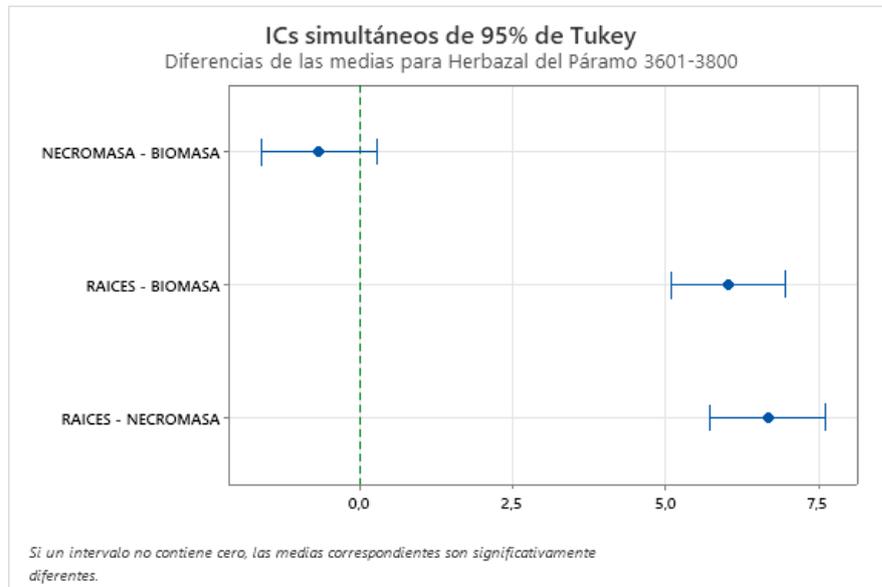


Gráfico 9-3. Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) en el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

En el Gráfico 10-3, los compartimientos de biomasa aérea y necromasa no presentan diferencias significativas con respecto a la biomasa subterránea (raíces).

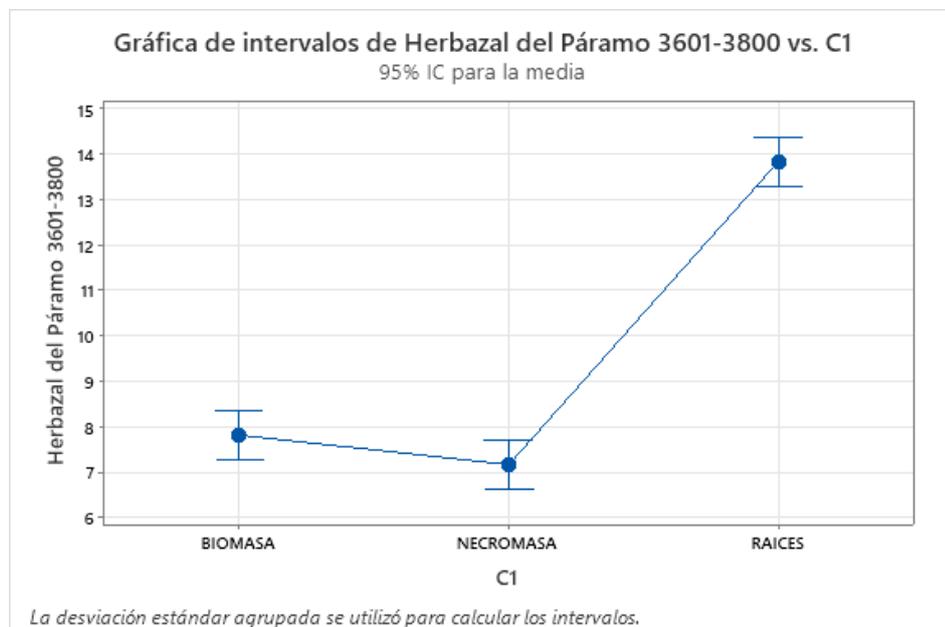


Gráfico 10-3. Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.2.4. Análisis estadístico – ADEVA para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m.

En la tabla 17-3 se realizó el análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m, donde indica que existe una diferencia altamente significativa.

Tabla 17-3: Análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Significancia
Arbustal	2	520,487	260,244	768,61	0,000	**
Error	24	8,126	0,339			
Total	26	528,613				

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

La prueba de Tukey y una confianza de 95% para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo 3801-4000; presentó dos agrupaciones, en el rango “A” se encuentra la biomasa subterránea (raíces) con una media de 13,49 MgC/Ha, en el rango “B” se ubica el compartimiento de la biomasa aérea y necromasa con una media de 4,41 y 3,97 MgC/Ha respectivamente.

Tabla 18-3: Prueba de Tukey y una confianza de 95% para el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m.

C1	N	Media	Agrupación	
RAICES	9	13,499	A	
BIOMASA	9	4,4155		B
NECROMASA	9	3,971		B

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

El gráfico 11-3 indica que hay dos grupos significativamente diferentes que corresponde a raíces-biomasa y raíces-necromasa, basado en las diferencias de las medias entre grupos tenemos que el grupo de necromasa-biomasa presentan similitudes en las medias por lo que cada compartimiento tiene que ser analizado individualmente.

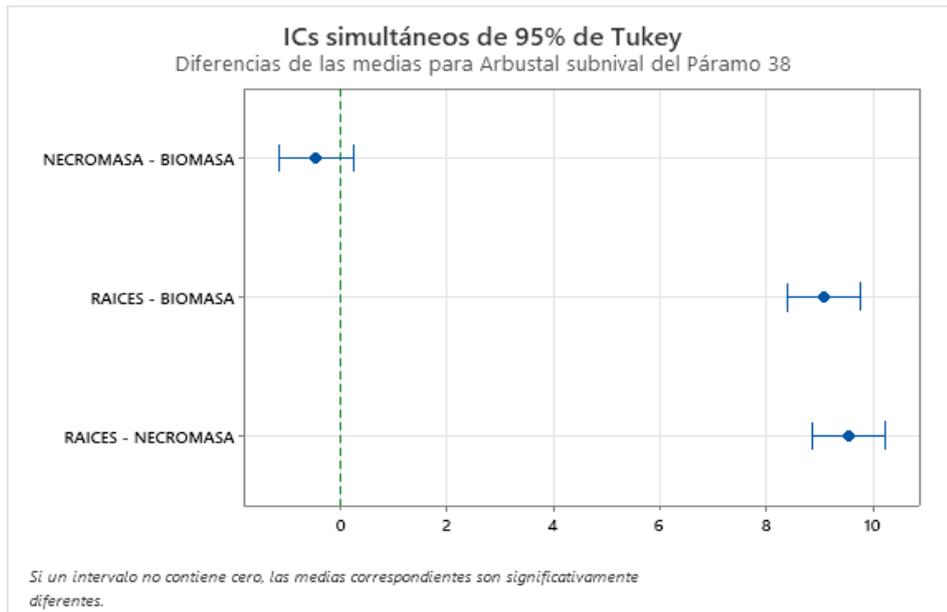


Gráfico 11-3. Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

En el Gráfico 12-3, el compartimiento de biomasa aérea junto al de necromasa no presentan diferencias significativas con respecto a la biomasa subterránea (raíces).

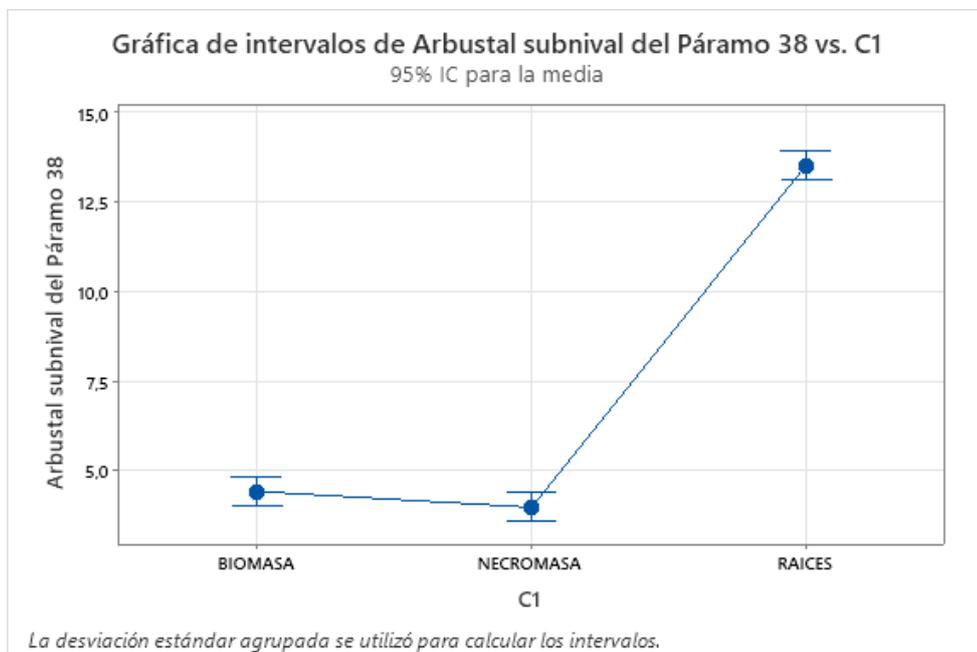


Gráfico 12-3. Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) para el ecosistema arbustal subnival del páramo 3801-4000 m.s.n.m, en tres compartimientos.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

3.2.5. Análisis estadístico – ADEVA para los ecosistemas bosque siempreverde montano alto, herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo

En la tabla 19–3 se realizó el análisis de varianza para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en los ecosistemas bosque siempreverde montano alto, herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo, donde indica que existe una diferencia altamente significativa.

Tabla 19-3: Análisis de varianza en los ecosistemas bosque siempreverde montano alto, herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Significancia
Ecosistemas	3	141719	47240	15,49	0,000	**
Error	104	317164	3050			
Total	107	458882				

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

La prueba de Tukey y una confianza de 95% para el contenido de carbono orgánico (Mg/Ha) en los ecosistemas bosque siempreverde montano alto, herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo; presentó dos agrupaciones, en el rango “A” se encuentra el ecosistema bosque siempreverde montano alto 3201-3400 m.s.n.m, con una media de 92,2 MgC/Ha, en el rango “B” se ubica el ecosistema herbazal de páramo 3601-3800 m.s.n.m, 3401-3600 m.s.n.m, con una media de 9,59 y 8,90 respectivamente, el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo con una media de 7,29 MgC/Ha.

Tabla 20-3: Prueba de Tukey y una confianza de 95% en los ecosistemas bosque siempreverde, herbazal de páramo y arbustal subnival del páramo.

Factor	N	Media	Agrupación	
Bosque 3201-3400	27	92,2	A	
Herbazal del Páramo 3601-3800	27	9,594		B
Herbazal del Páramo 3401-3600	27	8,909		B
Arbustal subnival del Páramo 3801-4000	27	7,295		B

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

El gráfico 13-3 indica que hay tres grupos significativamente diferentes que corresponde al ecosistema herbazal de páramo-bosque siempreverde montano alto; arbustal siempreverde subnival del páramo- bosque siempreverde montano alto, basado en las diferencias de las medias entre grupos tenemos que el grupo de herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo presentan similitudes en las medias por lo que cada ecosistema tiene que ser analizado individualmente, por último, se acepta la hipótesis alternativa ya que existe una diferencia significativa entre la cantidad de carbono orgánico presente en los diferentes compartimientos y

ecosistemas.

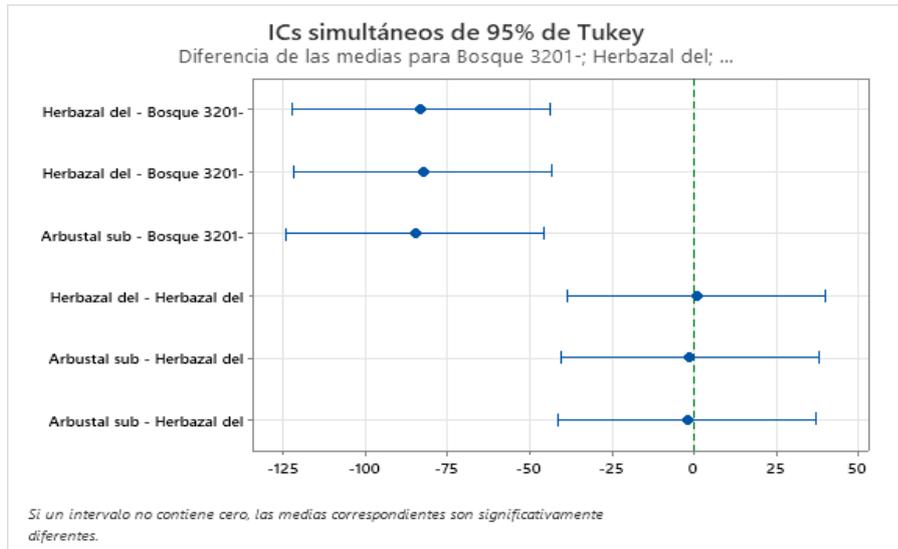


Gráfico 13-3. Comparaciones múltiples de carbono orgánico (Mg/ha) en los ecosistemas bosque, herbazal y arbustal subnival del páramo.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

En el Gráfico 14-3, los ecosistemas herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo no presentan diferencias significativas con respecto al bosque siempreverde montano alto.

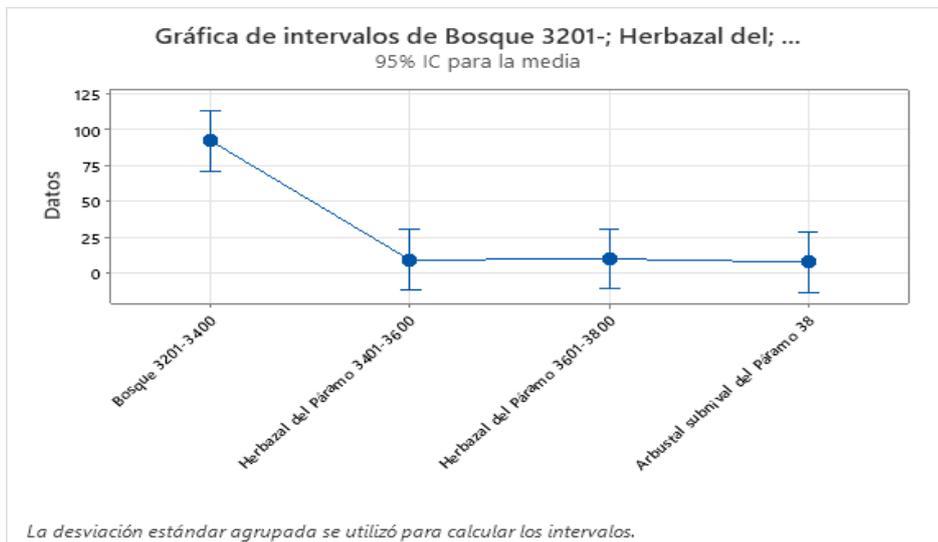


Gráfico 14-3. Comparación de carbono orgánico (Mg/ha) en los ecosistemas bosque, herbazal de páramo y arbustal siempreverde subnival del páramo.

Realizado por: Miranda, Stevens, 2022.

El cambio en la concentración de carbono en el ecosistema de bosque se debe al tipo de vegetación, cuantas más especies leñosas sean las que conforman un estrato, mayor es la capacidad de almacenar carbono orgánico.

Hofstede (1999, p.8), menciona que los páramos de pajonal almacenan un máximo de 20 t/C/ha. Por último, la distribución de los contenidos de carbono en el páramo puede ser producto del tipo de disturbio al que estuvo sujeto en el pasado como la ganadería y actividades agrícolas que reducen

el contenido de carbono almacenado en el páramo. Es evidente que el páramo es un buen sitio para capturar carbono si se considera el suelo.

CONCLUSIONES

La cantidad de Carbono Orgánico presente en la biomasa aérea del ecosistema bosque siempreverde montano alto fue de 238,70 MgC/ha, la necromasa con un valor de 14,14 MgC/ha y para la biomasa subterránea un valor de 23,87 MgC/ha. La biomasa aérea en el ecosistema herbazal de páramo fue de 6,86 MgC/ha, la necromasa con un valor de 6,77 MgC/ha y para la biomasa subterránea un valor de 14,13 MgC/ha. La biomasa aérea en el ecosistema arbustal siempreverde subnival del páramo fue de 4,42 MgC/ha, la necromasa con un valor de 3,97 MgC/ha y para la biomasa subterránea un valor de 13,50 MgC/ha. siendo este último ecosistema el que presenta valores más bajos de almacenamiento de carbono orgánico.

Con todos los resultados obtenidos, se concluye que estos ecosistemas son buenos colectores de CO₂ y almacenadores de carbono orgánico ya que a nivel mundial existe preocupación por los efectos del cambio climático, es por eso que conservar el carbono en los ecosistemas forestales va ayudar a reducir los gases de efecto invernadero en el futuro.

Se determinó que existen diferencias significativas entre la cantidad de carbono orgánico presente en los diferentes compartimientos (biomasa aérea, necromasa y biomasa subterránea) y ecosistemas (bosque siempreverde montano alto, herbazal de páramo, arbustal siempreverde subnival del páramo).

RECOMENDACIONES

La precipitación debe tenerse en cuenta cuando se va a realizar el muestreo en campo ya que para los cálculos de carbono y biomasa las gotas de lluvia en las plantas recolectadas afectan su peso fresco y causan pequeños errores en la relación de peso seco- peso húmedo.

Dar a conocer los resultados obtenidos de la investigación a los pobladores del sector y a la sociedad, con el fin de crear conciencia ambiental y promover una cultura de conservación de estos ecosistemas tan indispensables.

Realizar estudios que determinen el valor económico del carbono almacenado en todos estos ecosistemas y vincularlos a proyectos de pago por servicios ambientales o bonos de carbono.

GLOSARIO

Área Basal: sección transversal, el área o superficie de cada árbol medida a 1,30 m de altura, y se expresa como el área basal total en metros cuadrados, por unidad de área (Ministerio del Ambiente, 2012b: p.59).

Biomasa: todo tipo de materia orgánica sea esta aérea o subterránea, viva o muerta; esta puede estar por encima o debajo del suelo; como, por ejemplo: árboles, los cultivos, las gramíneas, las raíces etc. (Ministerio del Ambiente, 2012c: p.59).

Biomasa aérea: Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje (Ministerio del Ambiente, 2012d: p.59).

Biomasa subterránea: Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca (Ministerio del Ambiente, 2012e: p.59).

Carbono orgánico: es el material derivado de la descomposición de las plantas, el crecimiento bacteriano y las actividades metabólicas de los organismos vivos (Ministerio del Ambiente, 2012f: p.59).

Conglomerado: constituye la unidad de muestreo; es el conjunto de parcelas, dentro de las cuales se realizará un inventario (Ministerio del Ambiente, 2012g: p.59).

Densidad específica: es la relación entre el peso seco (P) y el volumen (V) de una madera, considerando un contenido de humedad del 12%, y se la expresa en (g/cm³). Permite calcular la biomasa leñosa dentro del peso de la materia seca (Ministerio del Ambiente, 2012h: p.59).

Factor de expansión de la biomasa (BEF): Factor de multiplicación que sirve para calcular la tasa de crecimiento de las existencias en formación, o el volumen de aprovechamiento de la madera en rollo comercial, o las informaciones sobre el Incremento del volumen de las existencias en formación, a fin de tomar en cuenta componentes no comerciales de la biomasa cuales las ramas, follaje y árboles no comerciales (Ministerio del Ambiente, 2012i: p.60).

Inventario: Conjunto de procedimientos aplicados para determinar el estado actual de un bosque, en cuanto a su volumen y su tasa de crecimiento, cuyo objetivo es generar información para

facilitar la planificación del manejo forestal a mediano y largo plazo (Ministerio del Ambiente, 2012j: p.60).

Muestreo: herramienta de la Investigación científica estadística. Su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población (Ministerio del Ambiente, 2012k: p.60).

Necromasa: es la materia orgánica que reposa en el suelo, generalmente en estado fresco y con bajo grado de descomposición. Esta puede incluir material cosechado por animales y materia orgánica (Ministerio del Ambiente, 2012l: p.60).

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE MENDOZA, Z; & QUIZHPE, W. *Arnaldoa*. Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. [en línea]. 2018, (*Loja, Ecuador*) 25(3) [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25307>

AGUIRRE, N; & AGUIRRE, J. *Guía para monitorear la biomasa y dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador* [en línea]. Loja-Ecuador, Nikolay Aguirre, 2004. [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263684944_Guia_para_monitorear_la_Biomasa_y_dinamica_de_carbono_en_ecosistemas_forestales_en_el_Ecuador

ALBÁN, E Y GRANDA, J. Determinación del contenido de carbono en la biomasa aérea del páramo de la Reserva Ecológica Yanacocha. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado) [en línea]. Escuela Politécnica Nacional, 2013. [consultado el 4 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6171/1/CD-4825.pdf>

ALVARADO, Isabel; & COBOS, Carlos. Relaciones entre la estructura y cobertura arbórea con el carbono almacenado en bosques montanos Andinos en el macizo del Cajas, Azuay-Ecuador. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado) [en línea]. Universidad de Cuenca. 2019. [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33587/1/Trabajo%20de%20titulaci%3bn.pdf>

ALVAREZ CONDO, G. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Maestría) Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 2008. p. [consultado 24.11.2021]. Disponible en: <https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4357>

ÁLVAREZ, G., GARCÍA, N., KRASILNIKOV, P., & GARCÍA, F. *Agrociencia*. Almacenes de carbono en bosques montanos de niebla de la Sierra Norte de Oaxaca. [en línea] 2013, (*México*) 47(2), 171–180. [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v47n2/v47n2a6.pdf>

ÁLVAREZ, GUSTAVO. Evaluación de la captura y estabilidad del carbono en un ecosistema de bosque mesófilo de montaña a lo largo del gradiente altitudinal, en la Sierra Norte de Oaxaca". (Trabajo de titulación) (Tesis de Doctorado) [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 2010. [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: http://132.248.9.195/ptb2010/junio/0659315/0659315_A1.pdf

ARAUJO, M.A.; PARADA, A.G.; TERÁN, J.J.; BAKER, T.R.; et. al. "Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú; una comparación entre bosques de tierra firme y de bajíos". Rev. Perú. Biol. [en línea], 2011, 18(1): 113- 118., [consultado el 4 de octubre de 2021]. Disponible en: http://www.rainfor.org/upload/publication-store/2011/itm_100/ArajouMurakami2011.pdf

ARNALDOS, J., NAVALÓN, X., PASTOR, E., PLANAS, E., Y ZÁRATE, L. *Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales.* Madrid España, Ediciones Mundi-Prensa. 2004, p.40.

BURBANO ORJUELA, H., *Revista de ciencias agrícolas* El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. [en línea], 2018, vol. 35, no. 1, pp. 82-85. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n1/0120-0135-rcia-35-01-00082.pdf>.

BUSTAMANTE, M., ALBÁN, M., & ARGUELLO, M. A. *Los páramos de chimborazo: Un estudio socioambiental para la toma de decisiones.* [en línea]. Quito, Ecuador: Aristos Arte Gráfico. 2011. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277015854_Las_Paramos_de_Chimborazo_Un_Estudio_socioambiental_para_la_toma_de_decisiones/link/555ef52208ae9963a1143949/download

CALDERÓN, Marco, ROMERO-SALTOS, CUESTA, BÁEZ & E PINTO. *Monitoreo de contenidos y flujos de carbono en gradientes altitudinales altoandinos* [en línea]. Quito, Ecuador 2013. [consultado el 4 de octubre de 2021] Disponible en: <https://redgloria.condesan.org/recursos/monitoreo-contenidos-flujos-carbono-gradientes-altitudinales-altoandinos/>

CAMACHO, M. *Revista Anales* "Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible". [en línea], 2014 (Ecuador) 1(372), pp. 77-92. [Consulta: 26 agosto 2021]. ISSN 1390-7891. DOI 10.29166/anales.v1i372.1241. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/download/1241/1227/4713>.

COLLAHUAZO Rossaura & TAICUD, K. Evaluación de carbono fijo en bosque nublado en la reserva sabia esperanza ubicada en Imbabura-Ecuador. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado) [en línea]. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. 2018. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8595/1/03%20RNR%20291%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Protocolo de Kyoto* [blog]. 2014 [Consultado: 25 noviembre 2021] https://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items

DIXON, R., *Sistemas agroforestales y gases invernadero. Agroforestería en las Américas* [en línea], vol. 2, no. 7, pp. 22–26. (Consulta: 23 julio 2021) ISSN 1022-7482 Disponible en: https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6822/Sistemas_agroforestales_y_gases_invernaderos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EGUREN, L., *El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas* [en línea]. Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2004. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5620/1/S043136_es.pdf.

FEHSE, J., HOFSTEDE, R., AGUIRRE, N., PALADINES, C., KOOIJMAN, A., & SEVINK, J. *High altitude tropical secondary forests: a competitive carbon sink?*. *Forest Ecology and Management*, [en línea] 2002, 163(1–3), 9–25. [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(01\)00535-7](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(01)00535-7)

FIGUEROA-NAVARRO, C.M., ÁNGELES-PÉREZ, G., VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, A. y SANTOS-POSADAS, H.M. de L., *Revista mexicana de ciencias forestales*, Estimación de la biomasa en un bosque bajo manejo de *Pinus patula* Schltdl. et Cham. en Zacualtipán, Hidalgo. vol. 1, no. 1, pp. 105–112. ISSN 2007-1132.

FOCER “FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD EN ENERGÍA RENOVABLE PARA AMÉRICA CENTRAL,”. *Manuales sobre energía renovable: Biomasa* [en línea]. San José, Costa Rica: Oficina para Centroamérica de Biomass Users Network, 2002. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/BUNCA2002Biomasa.pdf>.

FONSECA, W. *Revista de Ciencias Ambientales*. Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. [en línea], 2017, (Costa Rica)

51(2), pp. 91-103. [consultado el 4 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.5>

GAILLARD, C., PECE, M; & JUÁREZ, M. *Revista Ciencias Ambientales – Quebracho 9.* Biomasa aérea de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) en dos localidades del Parque Chaqueño Seco., (2002), 116-127.

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO. “*Plan de manejo y cogestión de la microcuenca hidrográfica del río blanco*”. Fao.org [blog]. 2013 [Consulta: 25 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/forestry/45913-0b4d15f049dff5c4909b1fbc5ea2c48b2.pdf>.

GONZÁLEZ ZÁRATE, Mequeas. *Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de Pinus maximinoi* H. E. Moore, *Pinus oocarpa* var. *ochoterenai* Mtz. y *Quercus* sp. en el norte del Estado de Chiapas, México. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 2008. p. 8. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/1699>

GUACHAMIN, Elizabeth. Captura y almacenamiento de carbono en el ecosistema páramo de Jambimachi del cantón Cayambe. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado) [en línea]. Universidad Técnica del Norte, 2017. pp. 30-31 [consultado el 4 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7082/1/03%20FOR%20259%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

GUTIÉRREZ, H. & DE LA VARA, R. *Análisis y diseño de experimentos* [en línea]. México: McGrawHillEducation, 2008. [consultado el 4 de octubre de 2021] Disponible en: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf.

HOFSTEDE, R. *El páramo como espacio para la fijación de carbono atmosférico. En El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico.* [en línea]. Quito: Serie Páramo 1. GTP/ Abya-Yala. 1999. [consultado el 4 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.colombiareservadevida.org/articulos/PMITIGACION.pdf>

HOFSTEDE, R. *El impacto de las actividades humanas sobre el páramo* [en línea]. Quito, Ecuador: HOFSTEDE, R. (Eds.). 2001. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: https://www.portalces.org/sites/default/files/references/095_Hofstede%202001%20Paramo%20

Ecuador%20impacto.pdf.

HOFSTEDE, R., CALLES, J., LÓPEZ, V., POLANCO, R., et. al. *Los páramos andinos: ¿Qué sabemos?: estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo.* Quito-Ecuador: UICN, 2014, pp. 8-73

HONTORIA, C., RODRÍGUEZ-MURILLO, J., & SAA, A. *Edafología*, Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular. 11(2), (2004). (España) pp. 149-155.

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. *Report of the twelfth session of the Intergovernmental Panel of Climate Change.* México. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories. 1996.

LEUSCHNER, C., MOSER, G., BERTSCH, C., RÖDERSTEIN, M., & HERTEL, D. Large altitudinal increase in tree root/shoot ratio in tropical mountain forests of Ecuador. *Basic and Applied Ecology*, [en línea]. 2007, (Ecuador) 8(3), 219–230. [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.02.004>

LÓPEZ, R. Valoración de carbono en la necromasa y suelo del bosque protector Aguarongo, provincia del Azuay, Ecuador. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado) [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Azuay, Ecuador, 2017 [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14329/1/UPS-CT007037.pdf>

MACDICKEN, K. G. Selection and management of nitrogen fixing trees. *Winrock International.* (1994). Morrilton, Arkansas. USA. ISBN 0-933595-86-7

MEDINA, J. La Dieta del Dióxido de Carbono (CO₂). *Conciencia Tecnológica* [en línea], 2010, (México), (39), pp. 50–53. [Consulta: 2021-07-23]. ISSN: 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415753009>

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales* [en línea]. Quito, Ecuador: Ana Cristina Herdoíza. 2014. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i4407s/i4407s.pdf>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente* [en línea]. Quito, Ecuador: 2003. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <https://www.ucuenca.edu.ec/images/DIUC/Documentos/PropiedadIntelectual/Ley>

esYReglamentos/Texto-Unificado-de-Legislacin-Secundaria-del-Medio-Ambiente.pdf.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental* [en línea]. Quito, Ecuador: Raúl Galeas. 2012. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Manual de campo* [en línea]. Quito, Proyecto “Evaluación Nacional Forestal ENF” 2012. [consultado el 4 de octubre de 2021]. Disponible en: https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=132183&tab=opac

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental* [en línea]. Quito, Ecuador: Raúl Galeas. 2013. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/sistema-de-clasificacion-de-ecosistemas-de-ecuador-continentalpdf.html>.

MORENO, G Y QUINDE, J. Estimación de los contenidos de carbono del ecosistema páramo del parque nacional Podocarpus-Ecuador. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado) [en línea]. Universidad Nacional de Loja. 2017 2018 [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19051/1/Gabriela_Ivanova_Moreno_Romeiro.pdf

MOSER, G., C. LEUSCHNER; D. HERTEL; S. GRAEFE; N. SOETHE & S. IOST. Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (S Ecuador): the role of the belowground compartment. *Global Change Biology* [en línea] 2011, 17(6), 2211–2226. [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02367.x>

MUÑOZ, W.A. Texto básico para profesional en ingeniería forestal. en el área de fisiología vegetal. [en línea]. 2016. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <https://www.unapiquitos.edu.pe/pregrado/facultades/forestales/descargas/publicaciones/FISIO-TEX.pdf>

NUEVO, D., *Parámetros biológicos en una depuradora de aguas residuales* [blog]. 2014. [Consultado: 25 noviembre 2021] Disponible en:

https://es.linkfang.org/wiki/Carbono_org%C3%A1nico_total.

OLIVA, M., PÉREZ, R., SALAS, R., GAMARRA, O., et. al. Quantification of the tall grass area of the Gocta and Chinata microbasins and their potential as a carbon stock. *Scientia Agropecuaria* [en línea] 2017, 8(3), 233–241. [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.06>

ORDOÑEZ, J. Captura de Carbono en un Bosque Templado: El Caso de San Juan Nuevo, Michoacán [en línea]. México, D.F: Instituto Nacional de Ecología, 1999. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/292788246_Captura_de_Carbono_en_un_Bosque_Templado_El_Caso_de_San_Juan_Nuevo_Michoacan

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). *Serie Centroamericana de Bosques y Cambio Climático. Costa Rica frente al cambio climático* [en línea]. Costa Rica: Editorial San Salvador. 2003. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/AD439S/AD439s05.pdf>.

PILLACA, J., & FLOREZ, B. “Determinación del stock de carbono en la biomasa aérea y necromasa en diferentes tipos de vegetación en la comunidad nativa de puerto arturo, las piedras, madre de dios – Perú” (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado) [en línea]. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. (Puerto Maldonado, Perú). 2014. pp.23-24. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/107/004-2-3-031.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

QUICENO URBINA, Nubia J, TANGARIFE MARÍN, Gloria M, ÁLVAREZ L. Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena piapoco chigüiro-chátare de barrancominas, departamento del guainía (colombia). *Revista Luna Azul* [en línea]. 2016, (43), 171-202 [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321745921009>

RÜGNITZ TITO M, CHACÓN LEÓN M, PORRO R. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. [en línea]. 2009. [Consulta: 25 June 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259176045_Guia_para_la_determinacion_de_carbono_en_pequenas_propiedades_rurales.

RUIZ, C. Estimación de carbono en tres depósitos naturales del ecosistema herbazal de páramo en la microcuenca cachipata, comunidad llucud, cantón Chambo. (Trabajo de titulación) (Tesis

de pregrado) [en línea]. Universidad Nacional de Chimborazo. 2018 [fecha de Consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4775/1/UNACH-EC-ING-AMB-2018-0006.pdf>

SIERRA, R. *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental*: [en línea]. Quito, Ecuador: Rimana, 1999. [Consulta: 25 noviembre 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/2081344/Propuesta_preliminar_de_un_sistema_de_clasificaci%C3%B3n_de_vegetaci%C3%B3n_para_el_Ecuador_Continental_proyecto_INEFAN_GEF_BIRF_y_EcoCiencia_Preliminary_

SKLENÁŘ, P., LUTEYN, J., ULLOA, C., JØRGENSEN, P. & DILLON, M. *Flora generica de los paramos: Guía ilustrada de las plantas vasculares* [en línea]. New York-USA: Botanical Journal of the Linnean Society. 2005. [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313765300_Flora_generica_de_los_paramos_Guia_ilustrada_de_las_plantas_vasculares.

SOLOMÓN, S. Technical summary in: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Miller.

SPRACKLEN, D. V. & RIGHELATO, R. Tropical montane forests are a larger than expected global carbon store. In: *Biogeosciences*, 11(10) (2014), pp. 2741-2754.

TERÁN, A. PINTO, E. ORTIZ, E. SALAZAR, E. CUESTA, F. Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua. Conocer para manejar. [en línea]. Quito, 2019. Proyecto EcoAndes [consultado el 4 de octubre de 2021]. Disponible en: https://condesan.org/wpcontent/uploads/2020/05/CONDESAN_2019_Monitoreo_TUNGURAHUA.pdf

ANEXOS

ANEXO A: LABORES REALIZADAS EN LA FASE DE CAMPO.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE CAMPO	
 <p data-bbox="336 943 790 972">Reconocimiento de la zona de estudio</p>	 <p data-bbox="1007 949 1219 978">Corte de biomasa</p>
 <p data-bbox="403 1507 722 1536">Extracción de las muestras</p>	 <p data-bbox="975 1516 1251 1545">Toma de peso de verde</p>
 <p data-bbox="368 1986 761 2016">Delimitación del área de estudio</p>	 <p data-bbox="943 1955 1283 1984">Toma de datos dasométricos</p>

ANEXO B: LABORES REALIZADAS EN LA FASE DE LABORATORIO.

<p>REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO</p>	
 <p>Lavado de biomasa subterránea</p>	 <p>Muestras de biomasa subterránea</p>
 <p>Secado de muestras</p>	 <p>Toma de datos en la balanza analítica</p>
 <p>Muestras listas para ingresar a la estufa</p>	 <p>Muestras después de estar 24 horas en la estufa.</p>

ANEXO C: IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES RECOLECTADAS EN EL HERBARIO DE LA ESPOCH.

<p>REGISTRO FOTOGRÁFICO EN EL HERBARIO DE LA ESPOCH</p>	
 <p data-bbox="491 882 635 913"><i>Miconia</i> sp.</p>	 <p data-bbox="900 882 1327 913"><i>Miconia bracteolata</i> (Bonpl.) Cogn.</p>
 <p data-bbox="459 1397 667 1429"><i>Gynoxys hallii</i> cf.</p>	 <p data-bbox="938 1397 1295 1429"><i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly</p>
 <p data-bbox="370 1890 756 1921"><i>Verbesina latisquama</i> S.F.Blake</p>	 <p data-bbox="938 1890 1295 1921"><i>Buddleja incana</i> Ruíz & Pav.</p>



Solanum venosum Dunal



Weinmania pinnata L.



Oreopanax ecuadorensis Seem

ANEXO D: CERTIFICADO DE ESPECIES IDENTIFICADAS EN EL HERBARIO



HERBARIO POLITECNICA CHIMBORAZO (CHEP)

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO
Panamericana sur Km 1, fono: (03) 2 998-200 ext. 700123, jcaranqui@yahoo.com
Riobamba Ecuador

Ofc.No.027.CHEP.2021

Riobamba, 8 de septiembre del 2021

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD

LAGLA CHIMBA BYRON ADRIAN
2021-09-01

De mis consideracion:

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente certifico que a petición del señor MIRANDA SILVA STEVENS DAVID con CI: 0604000248-5, entregó 9 muestras infértiles (listado), identificadas, comparando con muestras de la colección y verificación de nombres en el catálogo de plantas Vasculares del Ecuador; Nombre del Proyecto: cuantificación del carbono orgánico almacenado en TRES COMPARTIMIENTOS A LO LARGO DE UNA GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO PARROQUIA QUIMIAG, según autorización de Investigación N°. MAAE-ARSFC-2021-1449 Las muestras infértiles se archivarán en un año para los fines correspondientes.

FAMILIA	ESPECIE	ESTADO
ARALIACEAE	<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem	infertil
SOLANACEAE	<i>Solanum venosum</i> Dunal	infertil
PRIMULACEAE	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	infertil
ASTERACEAE	<i>Verbesina latisquama</i> S.F.Blake	infertil
CUNONIACEAE	<i>Weinmania pinnata</i> L.	infertil
ASTERACEAE	<i>Gynoxys hallii</i> cf.	infertil
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> sp.	infertil
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia bracteolata</i> (Bonpl.) Cogn.	infertil
SCROPHULARIACEAE	<i>Buddleja incana</i> Ruiz & Pav.	infertil

Me despido, atentamente

JORGE
MARCELO
CARANQUI
ALDAZ

Firmado digitalmente
por JORGE MARCELO
CARANQUI ALDAZ
Fecha: 2021.09.08
11:30:42 -05'00'

Ing. Jorge Caranqui A.
RESPONSABLE HERBARIO CHEP

ANEXO E: CERTIFICADO DE DESARROLLO DE TESIS



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



GRUPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA EL AMBIENTE Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

CERTIFICADO DE DESARROLLO DE TESIS EN PROYECTO/GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Riobamba, 18 de Mayo de 2022

El presente trabajo de titulación: CUANTIFICACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO ALMACENADO EN TRES COMPARTIMIENTOS A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA MICROCUENCA DEL RIO BLANCO, PARROQUIA QUIMIAG”, se realizó en el programa “Building a Resilient Future for the Andean Páramo Ecosystem of Ecuador”, GIDAC, en el proyecto: “Medios de vida como estrategia para la gestión y la adaptación basada en ecosistemas – PACHA”, por el señor: Stevens David Miranda Silva, portador de la C.I. 0604002485.


Magdy M. Echeverría G.



Full Professor-Faculty of Sciences
President - Group of Research and Development for the Environment and Climate Change - GIDAC
Senior Member - Renewable Energy and the Environment Research Center - CEAA
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Panamericana Sur Km 1 1/2.
Teléf: (593) 0994147596
(593) 0995808995

Dirección: Panamericana Sur km. 1 ½ Teléfono: 2998220 www.espoch.edu.ec

Riobamba-Ecuador

ANEXO E: REPORTE DEL URKUND



Document Information

Analyzed document	StevensMiranda.docx (D128305037)
Submitted	2022-02-18T20:27:00.000000
Submitted by	norma
Submitter email	nerazo@esepoch.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	nerazo.esepoch@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Foro-Ecosistema-Parte2.pdf Document Foro-Ecosistema-Parte2.pdf (D125909603)		1
SA	Tesis inventario floristico.docx Document Tesis inventario floristico.docx (D13047992)		1
W	URL: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2149/T033_20422192_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-12-09T22:06:41.7130000		3
SA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO / tesis inventario floristico.docx Document tesis inventario floristico.docx (D13297294) Submitted by: pchiluiza@esepoch.edu.ec Receiver: pchiluiza.esepoch@analysis.orkund.com		3
SA	resumen_de_ecologia.docx Document resumen_de_ecologia.docx (D15042271)		1
SA	1446309696_629__ECOLOGIA%252Btrabajo%252B1%252Btito%252Brey.docx Document 1446309696_629__ECOLOGIA%252Btrabajo%252B1%252Btito%252Brey.docx (D15948835)		1
SA	Tesis final Mario Romo feb16.docx Document Tesis final Mario Romo feb16.docx (D18200284)		3
W	URL: http://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/L_PLANTAS-DE-LOS-PARAMOS-DEL-DMQ-1.pdf Fetched: 2020-12-11T01:16:13.5970000		1
SA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO / HORNA_SHIRLEY.pdf Document HORNA_SHIRLEY.pdf (D112040789) Submitted by: jguaina@esepoch.edu.ec Receiver: jguaina.esepoch@analysis.orkund.com		2
W	URL: https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8717/1/CB-0473128.pdf Fetched: 2021-02-15T03:49:05.3770000		1
SA	ANTEPROYECTO TESIS.docx Document ANTEPROYECTO TESIS.docx (D41942932)		1



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 19/05/2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Stevens David Miranda Silva
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniero Forestal
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



0929-DBRA-UTP-2022