



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**RESERVAS DE CARBONO EN SISTEMAS RIBEREÑOS DE
AMORTIGUACIÓN EN EL SISTEMA FLUVIAL DE LA
MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: DANIEL ESTEBAN TOVAR GUAROCHICO

DIRECTOR: Ing. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS MSc.

Riobamba - Ecuador

2022

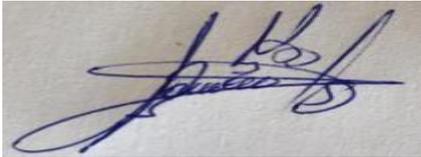
© 2022, Daniel Esteban Tovar Guarochico

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, DANIEL ESTEBAN TOVAR GUAROCHICO, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este 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 titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de febrero del 2022



Daniel Esteban Tovar Guarochico

050402457-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: el Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, “**RESERVAS DE CARBONO EN SISTEMAS RIBEREÑOS DE AMORTIGUACIÓN EN EL SISTEMA FLUVIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS**”, realizado por el señor: **DANIEL ESTEBAN TOVAR GUAROCHICO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

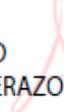
FIRMA

FECHA

Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo, MSc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CARLOS
ROLANDO
ROSERO ERAZO



Firmado digitalmente
por CARLOS ROLANDO
ROSERO ERAZO
Fecha: 2022.02.22
17:19:54 -05'00'

2022-02-14

Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos, MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**



Firmado electrónicamente por:
**ANDRES AGUSTIN
BELTRAN DAVALOS**

2022-02-14

Ing. Juan Carlos González García, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JUAN CARLOS
GONZALEZ
GARCIA**

2022-02-14

DEDICATORIA

Mi tesis me la dedico a mí, por todo el esfuerzo que realice cada día para llegar hasta donde me encuentro, por los días y noches sin dormir, por aquellas madrugadas frías sentadas frente al computador donde la luna me acompañaba en cada paso firme que daba. Por mi valentía al no rendirme cuando la situación en el transcurso de mi formación académica se presentó momentos muy afligidos. Por las buenas anécdotas que serán recordadas aun cuando pasen los años, me la dedico a mí, una y mil veces porque solo yo sé el verdadero sacrificio que me costó para lograr este anhelado objetivo.

Daniel

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiar, iluminar y proteger mis pasos que cada día avanzaba hacia la meta.

A mis padres Angélica y Neris por brindarme ese apoyo, comprensión y amor incondicional en cada etapa de mi vida para llegar donde estoy, sin ellos no lo hubiese logrado.

A mis hermanas Carolina y Sofía que son mi mayor motivación para seguir adelante y por ende sé que se sienten muy orgullosas de mí, gracias por confiar en mí.

A mis abuelos, tíos, primos, y personas que fueron parte de este proceso mi infinito agradecimiento.

A mis amigos que se han convertido en hermanos y una segunda familia que entre alegrías y tristezas siempre estaban presentes de una u otra forma.

Al grupo GIDAC y al Ing. Andrés Beltrán más que tutor de mi tesis un gran amigo, gracias por compartir su conocimiento, sabiduría y paciencia para culminar esta etapa académica.

A lo maestros que forman parte de la Facultad de Ciencias, gracias por impartir sus enseñanzas y consejos que serán de gran ayuda en mi vida laboral.

A la poderosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mi alma mater por abrir las puertas y ser partícipe de esta gran historia. *Politécnico hasta morir.*

Daniel

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.2. Carbono.....	4
1.2.1. <i>Ciclo del Carbono</i>	4
1.2.2. <i>Carbono orgánico en el suelo</i>	5
1.2.3. <i>Reservas de carbono en el mundo</i>	5
1.2.4. <i>Reservas de carbono en el Ecuador</i>	6
1.2.5. <i>El suelo como secuestrador de carbono</i>	6
1.2.6. <i>Variabilidad del carbono orgánico en los sistemas agrícolas y agropecuarios</i>	6
1.2.7. <i>Relación C/N del suelo</i>	6
1.3. Macronutrientes	7
1.3.1. <i>Nitrógeno</i>	7
1.3.2. <i>Fósforo</i>	7
1.3.3. <i>Potasio</i>	7
1.3.4. <i>Azufre</i>	8
1.3.5. <i>Zonas de vida en los ecosistemas</i>	8
1.3.6. <i>Ecosistemas Acuáticos</i>	8
1.3.6.1. <i>Ecosistemas Lóticos</i>	8
1.3.6.2. <i>Ecosistemas Lénticos</i>	8
1.3.7. <i>Ecosistemas Terrestres</i>	9
1.3.7.1. <i>El Páramo</i>	9
1.3.7.2. <i>Herbazal</i>	9
1.3.7.3. <i>Bosque Andino</i>	10

1.3.8.	<i>Ecosistemas de Transición</i>	10
1.4.	Zonas de Protección de Áreas Naturales del Ecuador	10
1.4.1.	<i>Parque Nacional Sangay</i>	10
1.4.2.	<i>Importancias de las Áreas de Amortiguación en las Zonas de Protección</i>	11
1.5.	Bosque de Ribera	11
1.5.1.	<i>Importancia del Bosque de Ribera en los Cauces Hídricos</i>	12
1.5.2.	<i>Consecuencias del Impacto del Bosque de Ribera</i>	12
1.5.3.	<i>Procesos Naturales que Afectan el Bosque de Ribera</i>	13
1.5.3.1.	<i>Sismos</i>	13
1.5.3.2.	<i>Volcanes</i>	13
1.5.3.3.	<i>Inundaciones</i>	13
1.5.3.4.	<i>Vientos</i>	14
1.5.4.	<i>Procesos Antropogénicos que Afectan el Bosque de Ribera</i>	14
1.5.4.1.	<i>Deforestación</i>	14
1.5.4.2.	<i>Agricultura y Ganadería</i>	14
1.5.4.3.	<i>Urbanización y Transporte</i>	14
1.6.	Parámetros que determinan la calidad del suelo	15
1.6.1.	<i>Textura</i>	15
1.6.2.	<i>Densidad Aparente</i>	15
1.6.3.	<i>Infiltración</i>	15
1.6.4.	<i>Conductividad Hidráulica</i>	16
1.6.5.	<i>Nitrógeno Total</i>	16
1.6.6.	<i>pH</i>	16
1.6.7.	<i>Conductividad Eléctrica</i>	17
1.7.	Principales métodos de análisis de carbono	17
1.7.1.	<i>Método de Walkley – Black</i>	17
1.7.2.	<i>Método de Calcinación (LOI)</i>	17
1.7.3.	<i>Método de Combustión Seca (DUMAS)</i>	17
1.8.	Importancia de los métodos de muestreo	18

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	19
2.1.	Zona de Estudio	19
2.1.1.	<i>Ubicación Geográfica</i>	19
2.1.2.	<i>Ubicación de los puntos de muestreo</i>	20
2.2.	Tipo y enfoque de la Investigación	20

2.3.	Población de estudio	21
2.4.	Tamaño y selección de la muestra	21
2.5.	Método de muestreo	21
2.5.1.	Muestreo	22
2.5.1.1.	<i>En Campo</i>	22
2.5.1.2.	<i>En el Laboratorio</i>	23
2.6.	Materiales y Equipos	24
2.7.	Técnicas para el estudio físico y químico del suelo	25
2.7.1.	pH	25
2.7.1.1.	<i>Procedimiento</i>	25
2.7.2.	Color	26
2.7.2.1.	<i>Procedimiento</i>	26
2.7.3.	Conductividad Eléctrica	27
2.7.3.1.	<i>Procedimiento</i>	27
2.7.4.	Materia Orgánica	28
2.7.4.1.	<i>Procedimiento</i>	28
2.7.5.	Carbono Orgánico	29
2.7.6.	Analizador DUMAS	30
2.7.7.	Relación Carbono/Nitrógeno	30
2.8.	Análisis Estadístico	31

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
3.1.	Cuantificación de Carbono Orgánico	32
3.2.	Relación Carbono/Nitrógeno	34
3.3.	pH	37
3.4.	Conductividad	38
3.5.	Color	39
3.6.	Variabilidad del Carbono Orgánico en el suelo	40
3.7.	Comparación del Método LOI y DUMAS	41

CONCLUSIONES	44
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	45
------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Equipos y Materiales utilizados para el trabajo en campo y laboratorio.	24
Tabla 2-2:	Rangos de los parámetros de pH del suelo	25
Tabla 3-2:	Rangos del contenido de Materia Orgánica	25
Tabla 4-2:	Rangos de la relación C/N	31
Tabla 1-3:	Media Aritmética de Materia y Carbono Orgánico (%)	32
Tabla 2-3:	Relación C/N con las muestras totales de cada macro	34
Tabla 3-3:	Relación C/N de las muestras en Z de cada macro.....	35
Tabla 4-3:	Relación C/N de las muestras aleatorias de cada macro.....	36
Tabla 5-3:	Promedio de pH de cada macro.	37
Tabla 6-3:	Promedio de pH de cada macro.	38
Tabla 7-3:	Color representativo de cada macro	39
Tabla 8-3:	Estadístico del DUMAS LOG.....	41
Tabla 9-3:	Estadístico del LOI-LOG.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Ciclo del Carbono.....	5
Figura 2-1:	Composición del suelo.	9
Figura 3-1:	Yasepán, entrada al Parque Nacional Sangay.....	11
Figura 4-1:	Funciones del Bosque de Ripario	12
Figura 1-2:	Ubicación de los puntos de muestreo de campo.	20
Figura 2-2:	Toma de muestras de campo	22
Figura 3-2:	Elaboración de las submuestras compuestas.....	23
Figura 4-2:	Determinación de color con las tablas de Munsell.....	26
Figura 5-2:	Determinación de la conductividad eléctrica	27
Figura 6-2:	Pesado de muestras para determinar MO	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Carbono orgánico en las zonas de estudio.....	33
Gráfico 2-3:	Medias del % de Carbono Orgánico por lugares	40
Gráfico 3-3:	Mediana del % de Carbono Orgánico por DUMAS-LOG	41
Gráfico 4-3:	Mediana del % de Carbono Orgánico por LOI-LOG.	42
Gráfico 5-3:	Modelo ajustado del DUMAS LOG y LOI-LOG.....	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	%Materia Orgánica	29
Ecuación 2-2:	%Carbono Orgánico.....	29
Ecuación 3-2:	Relación C/N.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, ROTULADO Y ETIQUETADO.
- ANEXO B:** SECADO Y TAMIZADO DE LAS MUESTRAS.
- ANEXO C:** DETERMINACIÓN DEL PH, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y COLOR.
- ANEXO D:** DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA.
- ANEXO E:** TABLA DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE MO Y CO.
- ANEXO F:** TABLA DEL PH, CONDUTIVIDAD ELECTRICA Y COLOR.
- ANEXO G:** CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA.

RESUMEN

En este trabajo se determinó los porcentajes de carbono orgánico, la relación C/N y principales parámetros fisicoquímicos del suelo de los diferentes sistemas ribereños de amortiguación del sistema fluvial de la microcuenca del río Cebadas. Mediante el muestreo por conglomerados y criterios geológicos y topográficos del suelo se delimitaron 16 zonas de estudio ubicadas en las diferentes comunidades de Atillo, Cebadas, Ozogoche y Yasepán. En cada zona se realizó una cuadrícula 4x4 para obtener de 16 puntos con una distancia de 20 metros de un punto hacia el otro, las muestras a una profundidad de 30 cm de la cobertura vegetal. En total se estudiaron 368 muestras, 256 tomadas en campo y 112 elaboradas en el laboratorio. Mediante el método de Calcinación LOI se cuantificó la materia y carbono orgánico, a través del analizador DUMAS se evaluó la relación C/N y para determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo se manejó guías del grupo GIDAC. El mayor porcentaje de carbono con un 9.52% se vio reflejado en las zonas altas de los páramos de Ozogoche debido a ser suelos jóvenes y poco desarrollados, principalmente a los factores climáticos favorables para la concentración y fijación de carbono y nitrógeno, en las zonas restantes el porcentaje de carbono tiende a descender debido al tipo de suelo, cauces hídricos, altura, relieve, clima y actividades antropogénicas. Para futuras investigaciones es necesario el estudio del suelo en épocas de sequía para comparar la variabilidad de carbono y tomar medidas alternativas para la conservación de los páramos andinos.

Palabras clave: <PÁRAMO>, <CARBONO ORGÁNICO>, <MATERIA ORGÁNICA>, <NITRÓGENO>, <FACTORES CLIMÁTICOS>, <ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS >, <CALIDAD DEL SUELO>, <BOSQUE DE RIBERA>.

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.02.21 15:53:19 -05'00'



0332-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this work was to determine the percentages of organic carbon, the C/N ratio and the main physicochemical parameters of the soil in the different riparian buffer systems of Cebadas river micro basin. By means of cluster sampling as well as geological and topographical soil criteria, 16 study areas located in the different communities of Atillo, Cebadas, Ozogoche and Yasepán were delimited. In each area, a 4x4 grid was implemented to obtain samples from 16 points with a distance of 20 meters from one point to the other, at a depth of 30 cm from the vegetation cover. A total of 368 samples were studied, 256 taken in the field and 112 in the laboratory. Organic carbon and matter were quantified using the LOI calcination method, the C/N ratio was evaluated using DUMAS analyzer, and the physicochemical parameters of the soil were determined with the use of GIDAC group guides. The highest percentage of carbon (9.52%) was reflected in high areas of paramo in Ozogoche since this soil is young and weakly developed, mainly due to favorable climatic factors for the concentration and fixation of carbon and nitrogen. In the remaining areas the percentage of carbon tends to decrease due to the type of soil, watercourses, altitude, relief, climate and anthropogenic activities. For future research, it is necessary to study the soil during drought periods in order to compare the variability of carbon and adopt alternative measures for the conservation of Andean paramos.

Keywords: <PARAMO>, <ORGANIC CARBON>, <ORGANIC MATTER>, <NITROGEN>, <CLIMATE FACTORS>, <ANTHROPOGENIC ACTIVITIES>, <SOIL QUALITY>, <RIBERIAN FOREST>.



Firmado electrónicamente por:

**PAUL ROLANDO
ARMAS PESANTEZ**

INTRODUCCIÓN

Problemática

Las reservas de carbono cumplen un rol muy importante en la dinámica del suelo como mantener en buenas condiciones las propiedades del suelo para una mejor producción adecuada, así como también influye en la variación del cambio climático (Mesías et al., 2018: pp.27-33).

En las distintas regiones del mundo los efectos sobre el cambio climático son muy fatales que se ha visto incrementado en un 70% en las últimas décadas; específicamente un 60% de emisiones son generadas por las grandes industrias que se encuentran en los Estados Unidos y Europa mientras que al menos un 21% son producidas por los países industrializados en vías de desarrollo (Chiluiza, 2020, p.1).

Actualmente en el Ecuador las reservas naturales son primordial para la subsistencia de la biodiversidad, el mismo que es el hogar de diferentes especies vegetales, animales y en ocasiones de vida humana. En el territorio ecuatoriano existe alrededor del 33.26% de reservas naturales (Palacios et al., 2019, pp.1-14).

Las áreas ribereñas o también conocidas ripariana se ubican contiguo o cercano de los ríos, lagos, lagunas y otros humedales. En esta zona ripariana existen muchas funciones ecológicas relacionadas a la dinámica de sedimentos, almacenamiento de agua superficiales, así como el hábitat y ciclo de nutrientes. Estas franjas ribereñas actúan también como amortiguadores biológicos (Moller, 2011, pp.96-106).

El esparcimiento de la ganadería y la agricultura en las últimas décadas ha disminuido los ecosistemas ribereños en la mayoría de los ríos, alterando las funciones ecológicas debido a la intervención de la actividad humana como el uso de agroquímicos y fertilizantes que perturban las diversas propiedades del suelo (Inecol, 2017, pp.35-48).

En los últimos años el río Cebadas ha ido perdiendo su cauce hídrico, afectando a las zonas ribereñas y a las reservas de carbono existente por ello es muy importante mantener los ecosistemas palustres, así como también la vegetación arbórea y arbustiva. Cuando los bosques son destruidos ya sean por incendios o tala una gran parte del carbono que se encuentra almacenado en estos árboles y la misma vegetación es perdido hacia el espacio principalmente como CO₂ siendo como una de las mayores causas de acumulación de CO₂ en la atmósfera (Alegre y Arévalo, 2014, pp. 1-5).

Justificación

Desde hace varios años, se discute la importancia de conservar el carbono en sistemas ribereños de amortiguación. La medición y el monitoreo de carbono en estas áreas se ha tornado importante en los años recientes, como resultado del cambio climático. Así mismo, los registros de carbono contribuyen a conocer y mejorar las reservas de carbono y flujos de carbono (FAO, 2002, p.2).

Existen pocos registros sobre el contenido de Carbono Orgánico (CO) en los sistemas ribereños del Ecuador, no obstante, se pretende dar a conocer las ventajas de preservar estos sistemas fluviales y la importancia que tiene este ecosistema sensible en la captación de CO₂. Al mismo tiempo cabe mencionar que la cantidad de CO almacenado en el suelo depende de factores edafológicos a largo plazo, y el uso de la tierra. A pesar de que el conocimiento de la dinámica de carbono en los ecosistemas altoandinos es aún limitado, los pocos estudios realizados estiman que las riberas tienen reservorios importantes de carbono, que pueden contribuir a la mitigación de los gases de efecto invernadero (Chiluiza, 2020, p.3).

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guamote resalta que el 77.85 % de la población se encuentra involucrada directamente con el sector de la agricultura y ganadería y que 57.02 hectáreas corresponden a potreros. Alrededor de 27 comunidades se benefician de estas actividades tanto del suelo como de los afluentes de la microcuenca del río Cebadas (GAD GUAMOTE, 2016, pp.29-28).

Las reservas de carbono en los páramos son primordiales para regular el cambio climático que actualmente se ve afectado, el carbono como sumidero ayuda a mantener el cauce hídrico aguas abajo sobre todo en épocas de sequías proporcionando servicios esenciales para la biodiversidad y el bienestar del ser humano. Mediante esta indagación se estudiará principalmente las reservas de carbono existentes en dichas zonas ribereñas para posteriormente tomar decisiones acordes a la reforestación, mantenimiento y conservación de estos ecosistemas endémicos.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar las reservas de carbono en sistemas ribereños de amortiguación en el sistema fluvial de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo.

Objetivos Específicos

- Cuantificar el porcentaje de carbono orgánico según el tipo de ecosistema de los sistemas ribereños de la microcuenca del río Cebadas.
- Evaluar la relación carbono/nitrógeno y principales parámetros fisicoquímicos que difieren en los suelos de los sistemas ribereños de la microcuenca del río Cebadas.
- Evaluar la variabilidad de carbono orgánico en los sistemas ribereños de amortiguación por sus actividades agrícolas o pecuarias de la microcuenca del río Cebadas.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Desde el inicio de la revolución industria I ha traído mejoras como consecuencias en la población mundial, debido a las acciones antropogénicas en cada año se ha visto un incremento de los gases de efecto invernadero principalmente el dióxido de carbono provocando un desequilibrio en los ecosistemas, ayudando a la variación del cambio climático, en si problemas ambientales y hasta sociales (Suárez y Molina, 2014, pp.357-363).

Es muy importante que en estos tiempos de pandemia que nos vemos afectados por el COVID 19 a nivel mundial durante los periodos de confinamientos las emisiones disminuyeron en un 17%, pero en junio del 2020 las emisiones volvieron aumentar. La lucha contra el cambio climático es primordial para poder equilibrar la temperatura global (Guterres, 2020, p.1).

En el Ecuador en los últimos años se ha iniciado estudios desarrollados para el cuidado y conservación de carbono en las zonas ribereñas de los sistemas fluviales, puesto que estas zonas son de vital importancia para la dinámica de ecosistemas, ya que albergan una variedad de flora y fauna, además sirven como corredores biológicos. Es muy útil la restauración y conservación de estas zonas ripariana (Romero et al., 2014, pp.3-12).

1.2. Carbono

El carbono es uno de los elementos más esenciales en el desarrollo de la vida, es no metálico y se encuentra en su forma más compacta con diamante y en su forma más blanda como grafito, es un componente primordial en la producción de combustibles fósiles (Pereyra, 2020, p.1).

1.2.1. *Ciclo del Carbono*

El ciclo del carbono es un proceso biogeoquímico donde tiene interacción con las diferentes capas de la tierra, básicamente intercambio de materia es decir carbono; se puede definir principalmente por medio de dos partes por un lado la respiración que es básicamente absorber el oxígeno y convertir en dióxido de carbono, por el otro lado la fotosíntesis que se trata de absorber el dióxido de carbono y convertir en biomoléculas como carbohidratos, azúcares, proteínas entre otros los mismos que sirven de alimento para los animales (Santías, 2020, p.3).

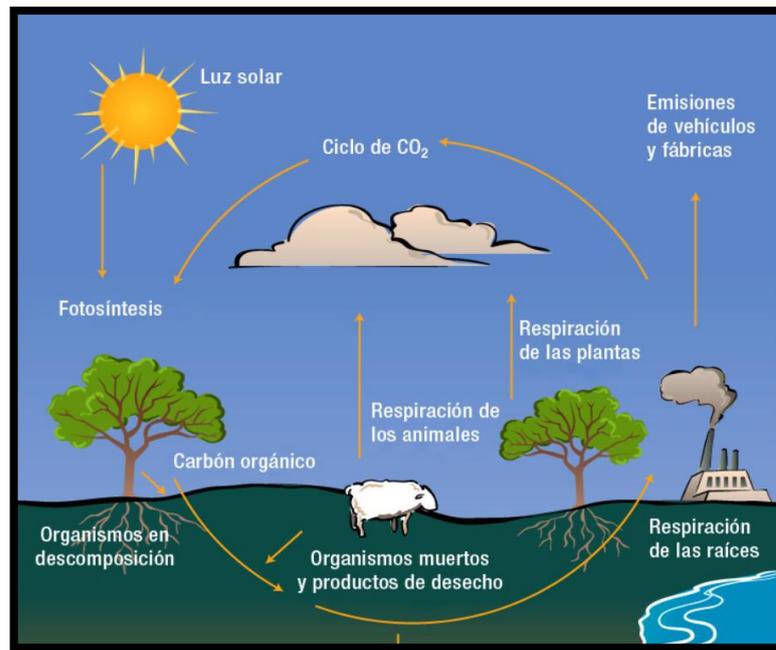


Figura 1-1: Ciclo del Carbono

Fuente: Johnson, R. (2010).

1.2.2. Carbono orgánico en el suelo

El carbono orgánico en el suelo es el tercer lugar con más cantidad de reserva de carbono, el mayor reservorio de carbono se encuentra en los océanos, en menos cantidad se encuentra en la atmósfera, es decir el carbono juega un papel importante para la regulación del clima, es esencial para el funcionamiento de todos los ecosistemas existentes en la tierra y por ende para el bienestar del propio ser humano. El carbono orgánico proviene de distintas maneras como en los procesos de fotosíntesis, los residuos de vegetales y microorganismos, la descomposición de animales entre otros, que posteriormente se fijan en la biomasa del suelo. La deforestación, el trabajo excesivo agrícola y ganadero ha disminuido en grandes cantidades este elemento vital para el desarrollo y permanencia de cada una de las especies (García, 2018, p.1).

1.2.3. Reservas de carbono en el mundo

Al nivel mundial a finales del año 2017 se mencionó que existen 680 millones de toneladas de reservas de carbono a una profundidad de 30 cm del suelo terrestre, más de la mitad de almacenamiento se encuentran en grandes países de América como Brasil, Argentina, Canadá y Estados Unidos; por el lado de Europa encontramos en Rusia, en Asia tenemos a Indonesia y Australia perteneciente al continente Oceánico. Es de vital importancia este carbono reservado el mismo que mejora la producción de alimentos aún más en condiciones secas, ayuda al amortiguamiento del cambio climático (Moncayo, 2018, p.4).

1.2.4. Reservas de carbono en el Ecuador

En el Ecuador existen algunas reservas de carbono orgánico del suelo distribuidos a lo largo y ancho del territorio ecuatoriano. En los páramos existe mayor cantidad de COS debido a las bajas temperaturas, presentación de humedales y básicamente por encontrarse a mayores altitudes. En las cauces occidentales y orientales presentan valores intermedios de COS, mientras que en toda la región Litoral y Amazónica presentan bajos índices de COS debido a las temperaturas elevadas de calor que supera los 24 °C, así como también a causa de la deforestación y el uso inapropiado del suelo. Alrededor de 3,5 Gt de carbono se almacena en el suelo del Ecuador (RAISG, 2020, p.2).

1.2.5. El suelo como secuestrador de carbono

El secuestro de carbono en el suelo es de vital importancia porque por medio de la fotosíntesis ayuda a la eliminación del carbono presente en la atmosfera y lo convierte en carbono orgánico para el suelo por medio de microorganismos ayudando para que exista un alto índice de materia orgánica, alargando la vida útil del suelo para que sea más estable. Facilita una mejor producción del suelo tanto agrícola como agropecuario. Por ello es muy significativo el uso adecuado del suelo, como una labranza mínima, un adecuado riego, un excelente drenaje, evitar el monocultivo e incrementar las buenas prácticas de agrosilvopastoril para la mitigación del cambio climático (Etcheverría, 2018, p.1).

1.2.6. Variabilidad del carbono orgánico en los sistemas agrícolas y agropecuarios

En los sistemas agrícolas y agropecuarias la variación del carbono orgánico del suelo varía de acuerdo con el uso del suelo. En los páramos andinos prácticamente existe un alto contenido de COS porque son zonas no intervenidas por el ser humano. En las áreas que son trabajadas por el hombre estos porcentajes de COS se reducen. Es importante mantener el COS en buenas condiciones porque mejora la disponibilidad de nutrientes, brinda mayor oxígeno al suelo, un equilibrio de agua aceptable facilita un alto intercambio catiónico mejorando los pastizales y productos agrícolas (Yescas et al., 2018, pp.591-610).

1.2.7. Relación C/N del suelo

La relación carbono/ nitrógeno es un valor numérico adimensional que muestra la cantidad que existe en el suelo, Cuando hay una alta relación C/N nos indica que existe un alto índice de carbono con respecto al nitrógeno, por otro lado, si encontramos una baja relación C/N nos enseña

un alto contenido de nitrógeno con respecto al carbono. Una buena relación óptima de C/N varía entre 10 a 12 (Gamarra et al., 2007, pp.4-26).

1.3. Macronutrientes

1.3.1. Nitrógeno

Es el macronutriente más limitante en el desarrollo de las plantas. La mayor parte del nitrógeno se encuentra como nitrógeno atmosférico, pero mediante procesos biológicos y por medio de la materia orgánica se convierte el nitrógeno orgánico en nitrógeno inorgánico, donde las plantas pueden absorber como iones amonio y nitratos, para posteriormente a través de microorganismos desnitrificantes sean devueltos a la atmósfera. Cuando se presenta un déficit de nitrógeno en el suelo los productos tienden a mostrar un color y un sabor desagradable bajos en azúcares y vitaminas. Además, las hojas se manifiestan pequeñas con un color amarillento retardando el crecimiento de las plantas (Orchardson, 2020, p.3).

1.3.2. Fósforo

Es un elemento fundamental en el suelo para el progreso de las plantas, es un mecanismo un poco movedizo que se puede encontrar de forma orgánica proveniente de la descomposición de animales y vegetales formando agregados fosfatados como los fosfolípidos. En forma inorgánica tenemos presentes a iones fosfato diácidos y monoácidos. La falta de fósforo en el suelo se verá reflejada en el crecimiento retrasado de la planta, retardo de maduración, las hojas se verán reflejadas con un color verde oscuro o violeta, reflejando un bajo rendimiento. El exceso de fósforo por otro lado puede producir una deficiencia de zinc (Galíndez, 2019, p.1).

1.3.3. Potasio

El potasio en el suelo cumple un rol primordial para el desarrollo de la planta. Perfecciona el balance del agua y asiste a la síntesis de carbohidratos y proteínas. El potasio se encuentra en el suelo de 4 formas. El primero como potasio mineral presente en las arcillas y feldspatos lo cual insolubles por las plantas. El segundo como potasio fijado que se almacena en el interior de las arcillas que con un poco de humedad y con el pasar del tiempo empiezan a ser solubles para las plantas. Tenemos al potasio intercambiable que se encuentra en la superficie del suelo, la materia orgánica y hasta en la misma arcilla que fácilmente son asimilados por las plantas. Finalmente, al potasio que se encuentra como solución en el suelo que son directamente absorbidos por las plantas (Guy, 2020, p4).

1.3.4. Azufre

El azufre un macronutriente que mejora la vigencia del nitrógeno y la síntesis de aminoácidos. Se encuentra en el suelo de forma orgánica como los aminoácidos. Por otro lado, de forma inorgánica como sulfuros y sulfatos. Un suelo tiene que mantener una relación C/S alrededor de 100 para el desarrollo óptimo de las plantas (Hernández, 2019, pp.1-62).

1.3.5. Zonas de vida en los ecosistemas

Las zonas de vida son un cúmulo de agrupaciones de animales, plantas y el hábitat en general, que se adaptan al medio bajo distintos componentes climáticos como la precipitación, temperatura y elevación (Cedeño, 2016, p.3).

1.3.6. Ecosistemas Acuáticos

Son aquellos ecosistemas que básicamente se desarrollan en el agua que puede ser en el agua salada o dulce, estos ambientes se los considera como uno de los más ricos del planeta por su enorme biodiversidad además que regulan el ciclo hidrológico del agua. Los ecosistemas acuáticos albergan mares, ríos y lagunas (Juste, 2021, p.5).

1.3.6.1. Ecosistemas Lóticos

Son ecosistemas que se encuentran en constante movimiento y en una misma dirección algunos le conocen como ecosistemas ribereños, una característica principal es que en época de sequía se evaporaran fácilmente, presentan una cierta cantidad de turbidez, presentan grandes concentraciones de oxígeno ya que son básicamente superficiales y poco profundos, entre ellos tenemos a los arroyos, riachuelos, ríos, estuarios y manantiales. (Goitía, 2010, pp.1-12).

1.3.6.2. Ecosistemas Lénticos

Estos ecosistemas se encuentran en un área cerrada, prácticamente son cuerpos de agua que permanecen detenidos, es decir en el mismo lugar y que no fluye a ninguna dirección. Estos ambientes son más profundos y resisten mejor la sequía, en algunos casos tienden a desaparecer. Pueden ser lagunas, esteros, estanques, lagos y hasta pantanos (Roldán, 2020, p.5).

1.3.7. Ecosistemas Terrestres

Son aquellos ecosistemas que se da prácticamente en el suelo y aire, existen factores que condicionan la vida en cada uno de los biomas como la temperatura y la humedad. Además, presentan bajas cantidades de agua, pero elevadas concentraciones de luz. Estos ambientes terrestres son la tundra, taiga, estepa, desierto, selva, sabana, montañas y bosques templados. (Bustamente et al., 2021, pp.91-129).

1.3.7.1. El Páramo

Los páramos ecuatorianos son ecosistemas naturales y muy frágiles, son los principales reservorios de agua para la dinámica y regulación hídrica, además sirve como fuente de abastecimiento a centros habitados. La altura media de estos paramos varía entre 3500 a 4000 metros sobre el nivel de mar, en estos lugares existe una gran variedad de flora y fauna endémica; pero ultimadamente estos ecosistemas se ven afectados por la expansión de la agricultura, ganadería, deportes y hasta el propio turismo. Los páramos representan el 7% del territorio ecuatoriano (Chuncho, 2019, pp.71-83).

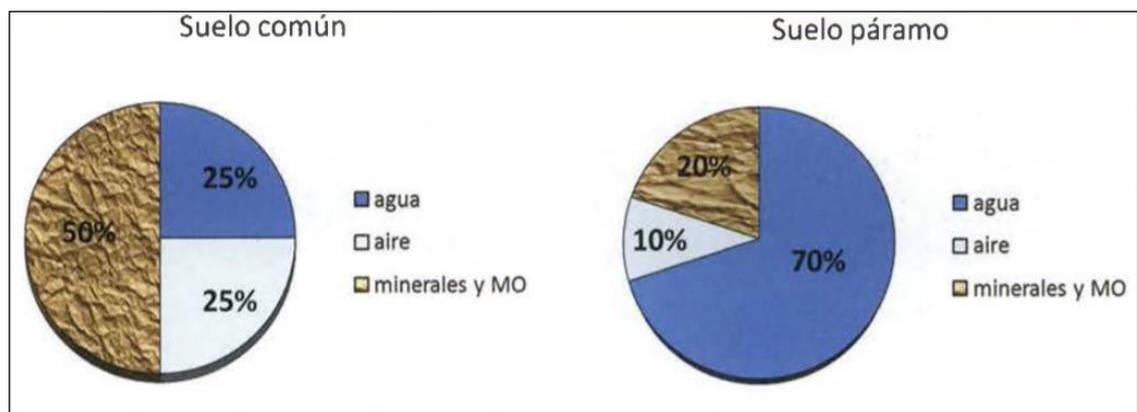


Figura 2-1: Composición del suelo

Fuente: Llambi et al, (2012).

1.3.7.2. Herbazal

Los Herbazales en el Ecuador se encuentran en su mayoría como pastizales de forma natural y últimamente alterado por el hombre ya que se utiliza como alimento para el ganado. Puede ser muy variado de acuerdo con la altura que se encuentra en su totalidad son pastos y arbustos. A medida que vamos ascendiendo va disminuyendo la flora y fauna. Los herbazales del páramo se encuentran a una altura de 2800 a 3300 metros (Pabón, 2016, pp.1-47).

1.3.7.3. Bosque Andino

Aquellos ecosistemas se encuentran a una elevación promedio de 2500 a 3000 metros sobre el nivel del mar, posee una precipitación moderada, la mayoría de su vegetación consta de arbustos, musgos, orquídeas, aunque en las últimas décadas han sido remplazados por grandes cantidades de bosques andinos como el eucalipto y el pino, básicamente se ubican entre las cordilleras occidentales y orientales (Ron, 2020, p.8).

1.3.8. Ecosistemas de Transición

Estos ambientes de transición también llamados mixtos se forman de la interacción de los ecosistemas terrestres y acuáticos donde comparten ciertas características, biodiversidad y beneficios para una igualdad ecológica, un factor importante es la variación del clima; pueden ser naturales y artificiales, si hablamos de naturales se da por acción propia de la naturaleza por otro lado son artificiales cuando el ser humano actúa en esos ecosistemas y los modifica como una represa (Castro, 2020, p.7).

1.4. Zonas de Protección de Áreas Naturales del Ecuador

Son espacios territoriales con el propósito de conservar y proteger los recursos ecosistémicos que se encuentran en todo el Ecuador los mismos que son fundamentales para la sociedad. Mediante acciones económicas principalmente el turismo, algunas áreas protegidas son primordiales para el desarrollo sostenible de los pueblos y localidades. Es importante mencionar que estas zonas de protección ocupan alrededor del 20% del territorio nacional almacenado y que cuentan según el SNAP con 50 zonas protegidas delimitadas en todas las regiones del Ecuador (MAATE, 2021, p.2).

1.4.1. Parque Nacional Sangay

Este parque ocupa el tercer puesto con el área más extensa protegida del territorio ecuatoriano, cuenta con una variedad de ecosistemas y paisajes naturales únicos en el mundo. Se encuentra ubicado en 4 provincias como Tungurahua, Cañar, Chimborazo y Morona Santiago; su tamaño es alrededor de 517 765 hectáreas. Poseen sistemas lacustres como el Altar y Ozogoché y una variedad de lagunas destacando la laguna de Atillo. Su temperatura es variada de 5 a 25 ° C porque posee desde bosques con neblina hasta bosques húmedos debido a su topografía, este extenso parque ocupa una pequeña parte del territorio de la parroquia Cebadas, cantón Guamote (GAD RIOBAMBA, 2021, pp.1-14).



Figura 3-1: Yasepán, entrada al Parque Nacional Sangay

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

1.4.2. Importancias de las Áreas de Amortiguación en las Zonas de Protección

Las áreas de amortiguación son importantes porque actúan como barreras protectoras junto a las zonas de protección, inspecciona los posibles impactos que puede llegar a dañar o destruir estas zonas, básicamente protegen los recursos naturales y toda la biodiversidad en dicho lugar. Actualmente estas áreas amortiguadoras son presionadas por localidades autóctonas y comunidades rurales que requieren de estas tierras para asentarse comunitariamente o como recurso para un sustento familiar se pueden situar en estas zonas también por alejarse de problemas políticos y hasta en ocasiones por extremos desastres naturales. Precisamente de estas zonas de amortiguamiento dependen las áreas naturales para su supervivencia, es importante mencionar que se realiza zonas de amortiguamiento cuando la población está cerca de sumergirse a las barreras protectoras, caso contrario no es necesario. Las áreas de amortiguación buscan satisfacer las necesidades básicas de los habitantes mejorando su calidad de vida sin afectar la biodiversidad (Clark, 2016, p.2).

1.5. Bosque de Ribera

Los bosques de ribera también conocidos como bosques de galería son ecosistemas muy valiosos porque ayudan a mantener la estabilidad ambiental, son muy ricos en alimento y forman chavales oasis que conservan su ramaje todo el año porque crecen a las orillas de los cauces hídricos. Estos ambientes abarcan una gran cantidad de especies muy diversas y fructíferas por ende es un refugio, un hábitat y hasta sirve como corredores ecológicos, también perfeccionan fertilidad del

suelo, mejoran el proceso de infiltración, conservan la biodiversidad, así como la retención de pesticidas contribuyendo a mantener la calidad del cauce hídrico aguas abajo, disminuyen la erosión y hasta son fuentes de suministro de alimento para la fauna presente. Estos bosques de ribera favorecen en la captura de CO₂, contribuyendo en un buen porcentaje al descenso de los gases de efecto invernadero, Además, conservan la temperatura del agua impidiendo la sedimentación (Gómez, 2019, p.4).

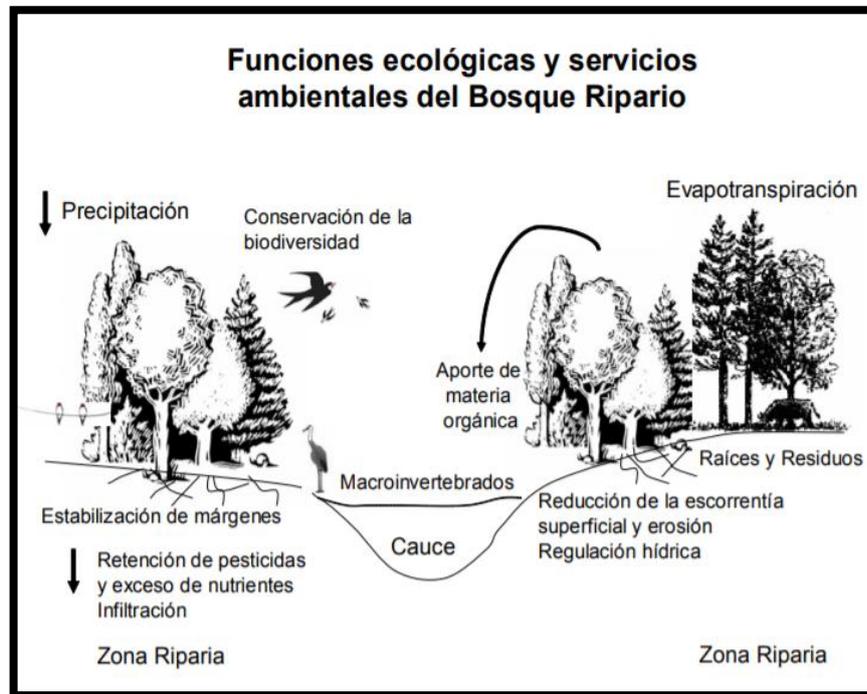


Figura 4-1: Funciones del Bosque de Ripario

Fuente: Arcos, I. (2005).

1.5.1. Importancia del Bosque de Ribera en los Cauces Hídricos

Los bosques de ribera son esenciales en la dinámica del agua los mismo que ayudan a regular el cauce hídrico, son protectores de la red hídrica, aseguran los taludes de ribera. Se considera que alrededor del 60 % de nitrógeno y el 90% de fósforo trasladado por escorrentía se queda en la ribera. La materia orgánica que produce los árboles pasa por los cuerpos de agua disminuyendo la marejada hídrica creando nuevos habitat y refugios (Toro, 2018, pp.8-9).

1.5.2. Consecuencias del Impacto del Bosque de Ribera

El ser humano por general se ve involucrado en los acontecimientos desastrosos que dañan y el ambiente en este caso afectando los bosques riparios ocasionando un nivel de impacto muy

elevado. La mayoría de estos bosques son alterados por el mal uso de estas tierras, como el esparcimiento ganadero y agrícola, el desarrollo industrial, el mismo crecimiento poblacional, el exceso uso e inadecuado del caudal, en algunos lugares la inclusión de especies particulares, deforestación, la excesiva construcción de obras hidráulicas y las descargas de aguas residuales que no son tratadas. Todas estas actividades ocasionan varias consecuencias y alteraciones en los ecosistemas presentes dentro de los bosques de ribera (Martínez, 2018, p.8-11).

1.5.3. Procesos Naturales que Afectan el Bosque de Ribera

1.5.3.1. Sismos

Los sismos dependiendo su magnitud, escala, así como también la distancia del epicentro pueden causar daños a estos bosques riparios produciendo un desbordamiento de la capa terrestre, hundimiento y sacudimiento del suelo, derrumbes a baja o alta escala ocasionando un taponamiento de la red hídrica, estaría acabando con la vida de organismos vivos, como también careciendo de sustrato para los organismos aguas abajo, es importante mencionar que produciría un sequía por corto tiempo alterando un desequilibrio en estos ecosistemas (Pérez, 2017, p.1).

1.5.3.2. Volcanes

Al momento de una erupción volcánica desprenden grandes cantidades de flujos piroclásticos y lavas, enormes corrientes de fangos, gases tóxicos con altas temperaturas y finalmente hasta cenizas, una vez ocurrido estos acontecimientos llegan acabar completamente la vegetación ripariana tanto flora y fauna, incluso hasta pérdidas humanas, tardando miles y miles de años en recuperarse para poder tener nuevos ecosistemas que abarquen vida (MAE, 2016, p.18-30).

1.5.3.3. Inundaciones

Las inundaciones causadas por fuertes precipitaciones ocasionan desbordamiento de los ríos destruyendo las asociaciones ecológicas. Durante sus crecidas que pueden ser en tiempos irregulares estos cauces hídricos aumentan su velocidad arrastrando una gran cantidad de sustratos o si no lo van cubriendo, produciendo una baja capacidad de rebrotamiento de estas semillas. Por otro lado, viendo de lado positivo las crecidas de los ríos ayudan a modelar su estructura en los bosques riparios (Corona et al., 2017, pp.489-501).

1.5.3.4. Vientos

Los vientos ayudan a establecer el clima, cuando existe elevadas velocidades de vientos pueden generar huracanes, en nuestro país afortunadamente no podemos presencias esos acontecimientos extremos, pero si fuertes vientos que afectan los bosques de ribera. Durante la noche el enfriamiento causa vientos que descienden a las zonas bajas de los ecosistemas produciendo olas de frio alterando los cultivos, por lo cual ayuda a erosionar el suelo destruyendo la vegetación de plantas y animales frágiles (Salisbury, 2018, p.9).

1.5.4. Procesos Antropogénicos que Afectan el Bosque de Ribera

1.5.4.1. Deforestación

La deforestación es un tema muy importante para tratar ya que mediante la tala de árboles de los bosques de ribera se ven afectados indudablemente los ecosistemas acabando con el refugio de vida de muchas aves, eliminando el alimento de pájaros, provocando la fragmentación del hábitat, los incendios acaban directamente con la biodiversidad de bosques de ribera. Principalmente acabando con estos arbustos que son los purificadores de aire y los pulmones de la tierra. La deforestación se da con el único fin de aumentar la agricultura y ganadería insostenible, si hablamos en grandes cantidades de bosques es con el propósito económico acabando así la materia prima (Hancock, 2019, p.2).

1.5.4.2. Agricultura y Ganadería

La actividad agricultura y ganadera en las zonas ribereñas son muy drásticos porque llegan a ocupar grandes extensiones en exceso, como la remoción de grandes cantidades de suelo, mediante el pastoreo produce un empobrecimiento florístico, a través del uso plaguicidas y fertilizantes conlleva a la perdida de hábitats, aumenta exorbitantemente de nutrientes como fósforo y nitrógeno alterando la calidad biológica, física y química del agua. La ganadería produce erosión y compactación del suelo, disminuye la infiltración, aumenta la escorrentía, ocasiona cambios en las estructuras de los cuerpos de agua, el estiércol del ganado depositados en los cauces hídricos genera organismos nocivos (Vásquez, 2017, p.2).

1.5.4.3. Urbanización y Transporte

La construcción de zonas urbanas como de transporte alteran la vegetación riparia y la calidad del agua, impiden la infiltración y ocasiona que el agua se almacene, provoca erosión del suelo,

disminuye notablemente la extensión riparia ayudando a la aparición de especies oportunistas e invasoras, reduce los corredores ecológicos y la retención de sedimentos, merma la capacidad de amortiguar las crecidas de los cauces hídricos modificando del clima. Mediante la construcción de obras hidráulicas alteran la composición química, física y biológica del agua y del suelo alterando el nivel hídrico. Por medio de escorrentías se va arrastrando sedimentos, químicos, metales, pesticidas y aceites que se generan en estas zonas urbanas afectando la calidad del agua. A través del tránsito humano ocasiona impactos indirectos con aquellas especies frágiles y sensibles (Palomeque et al., 2017, pp.151-172).

1.6. Parámetros que determinan la calidad del suelo

1.6.1. Textura

La textura del suelo está constituida por diferentes tamaños y partículas, donde cumplen diversas funciones dependiendo su textura, como la cantidad de agua que es retenida o a su vez que penetra en suelo, así como también la cantidad de aire, el tipo de suelo es primordial para la infiltración del agua y por ende para la penetración de las raíces para un mejor desarrollo y crecimiento. Las partículas gruesas o gravas son mayores a 2 milímetros y las partículas finas son menores a 2 milímetros como las arenas, limos y arcillas (Camacho, 2017, pp.5-18).

1.6.2. Densidad Aparente

Este parámetro es muy primordial para determinar la productividad en los suelos, mediante la densidad aparente nos damos cuenta de que tan resiste es el suelo y el estiramiento de las raíces. Se mide una porción de suelo por unidad de volumen. Cuando aumenta la densidad aparente, se incrementa la compactación alterando la retención de humedad o agua, a su vez afectan a la penetración de raíces debido al depósito de partículas sólidas. Todo esto debido al cultivo de tierras sin labranza y al uso indebido de irrigación del suelo (Salamanca y Sadeghian, 2005, pp.381-397).

1.6.3. Infiltración

La infiltración del agua en el suelo es muy importante para la conservación de suelos y para las actividades agrícolas y ganaderas. La infiltración nos muestra la cantidad de agua que es sumergida en el suelo desde sus capas superiores hasta llegar a sus capas más recónditas, el agua que no puede penetrar se escurre por la parte ligera del suelo todo esto dependiendo de la velocidad de infiltración, la permeabilidad del suelo, el tipo de vegetación y la topografía de los ecosistemas (Alvarado y Barahona, 2017, pp.23-33).

1.6.4. Conductividad Hidráulica

Es un parámetro físico muy importante ya que mide la capacidad de transmitir agua, oxígeno y hasta solutos en el suelo, muy esencial en el movimiento del agua en el suelo para la conservación de este. La conductividad hidráulica en algunas ocasiones se ve afectada por la estructura y textura del suelo dependiendo si el suelo es poroso o compactado. Por otro lado, se ve afectado por el exceso de sodio presente en el suelo que impide significativamente el ingreso de agua hacia el perfil del suelo, de esta manera se debe buscar alternativas para mejorar este indicador como el uso de materia orgánica o restos de cultivo (Chirinos y Mattiazzo, 2004, pp. 23-45).

1.6.5. Nitrógeno Total

El nitrógeno es un elemento muy primordial para todo ser vivo, especialmente para la vegetación ya que es considerando como factor limitante para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Así como también existen macroorganismos que ayudan a fijar el nitrógeno en el suelo dando un mayor enriquecimiento. En los suelos agrícolas para el mejoramiento del suelo es muy útil la adición de nitrógeno, aunque puede ser muy costoso, así mismo el exceso de nitrógeno puede ocasionar daños ambientales y dañar la calidad del suelo. El nitrógeno total representa un 90 por ciento el nitrógeno orgánico como son los amino azúcares, aminoácidos, bases pirimídicas y púricas y el 10 por ciento representa al nitrógeno inorgánico en iones disueltos como los nitratos y amonio (Acevedo et al., 2011, pp.325-332).

1.6.6. pH

El pH es un parámetro químico muy importante en la calidad del suelo, que nos ayuda si el suelo es ácido o alcalino. Los suelos ácidos se encuentran de un rango menor a 7 por la presencia de iones aluminio e hidrógenos libres que se derivan comúnmente de fertilizantes, lluvia ácida y desintegración de la materia orgánica. Los suelos alcalinos que se encuentran en piedras ricas en calizas se identifican por la presencia sales solubles y carbonatos. Existen los pH óptimos por un lado para los microorganismos presentes en el suelo que ayudan a fijar el nitrógeno atmosférico en nitrógeno disponible, de acuerdo con los cultivos que se desea cosechar, así como también para la ganadería, de acuerdo con los ecosistemas que se requieren conservar. El pH establece la solubilidad y disponibilidad de macro y micronutrientes para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas (Osorio, 2019, pp.1-4).

1.6.7. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica tiene la capacidad de transferir la corriente eléctrica a través de la cantidad de sales presentes en el suelo. La conductividad depende de la interacción entre iones presentes en la disolución; cuando mayor es la conductividad eléctrica mayor es la concentración de sales por lo que ayuda a establecer la factibilidad y el desarrollo óptimo del suelo. Los suelos fructíferos contienen pequeñas sumas de sales solubles; cuando existe una elevada acumulación de sales se debe a fallas de drenaje, en riego y hasta en sequías. Cuando se presenta un suelo con exceso de sales se le llama suelo salino (Cortés et al., 2013, pp.401-408).

1.7. Principales métodos de análisis de carbono

1.7.1. Método de Walkley-Black

Este método conocido también como digestión húmeda, desde su creación por los años 1934 ha sufrido una cantidad de modificaciones que llegaron a estandarizar en una escala macro y micro de acuerdo con el objeto de estudio. Es un método muy utilizado debido a su rapidez y sencillez porque no ocupa equipos complejos ni mucho menos reactivos muy costosos. Consta de la oxidación de la muestra de suelo con una solución de $K_2Cr_2O_7$, manejando el calor emanado por la disolución de H_2SO_4 , agregando agua destilando y ácido fosfórico, posteriormente utilizando un indicador difenilamina para finalmente realizar la titulación (García y Ballesteros, 2005, pp. 201-209).

1.7.2. Método de Calcinación (LOI)

Es un método sencillo y simple llamado también como pérdida de peso por ignición y conocido como LOI por sus siglas en inglés. Su principal objetivo es destruir la materia orgánica del suelo por calor, el indagador propone las muestras de suelos desde 1 gramo hasta 100 gramos, desde temperaturas de 100 °C a 800°C y tiempos que pueden variar de 2 horas hasta 48 horas en el hornillo de mufla (Dabadie et al., 2018, pp.157-162).

1.7.3. Método de Combustión Seca (DUMAS)

Aquel método nos ayuda a la determinación de carbono orgánico total, nitrógeno, hidrógeno y azufre. Las muestras se queman a temperaturas muy elevadas en un espacio de oxígeno. Es un método muy vertiginoso y fácil de manejar por lo que refleja valores muy precisos y voraces. Es mucho mejor que el método Kjeldahl (Gregorio et al., 2016, pp.1-9).

1.8. Importancia de los métodos de muestreo

Los métodos de muestreo son primordiales para el inicio de una investigación, nos ayuda a determinar una parte de la población total, una muestra representativa que abarca un todo, principalmente nos ayuda a estar claros el propósito de la indagación. Entre los más utilizados tenemos a un muestreo aleatorio que consta de escoger un numero de muestras aleatoriamente de una población. Un muestreo aleatorio sistemático que consta de calcular una constante llamado K , y luego dividir la población N para el numero de muestras n . Existe un muestreo sistemático que es la modificación del muestreo simple que consta en que la muestra sea muy representativa de la población. Finalmente tenemos a un muestreo por conglomerados que se trata en formar estratos de la población y de que cada estrato sacar muestras aleatorias representativas para su respectivo análisis (Grimaldo, 2016, pp.1-13).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Zona de Estudio

El sistema fluvial de la microcuenca del río Cebadas se encuentra ubicado en la parroquia rural de Cebadas y Achupallas del cantón Guamote y Alausí respectivamente de la provincia de Chimborazo a una distancia de 31.9 km de la ciudad de Riobamba. Los afluentes de la microcuenca forman los ríos: Cebadas, Atillo, Yasepán, Ozogoche y Tingo. Su acceso desde Riobamba se realiza por la vía Riobamba – Macas cruzando las parroquias de San Luis, Punín Y Flores. El recorrido dura alrededor de unos 90 a 100 minutos. Los ecosistemas que presentan la microcuenca del río Cebadas en su mayoría son herbazales de paramos, así como también ecosistemas arbustales. En su totalidad el suelo para actividades agrícolas principalmente se da para el cultivo de papas, maíz y cebada. Las actividades pecuarias se dedican a la ganadería básicamente a la producción lechera. Las zonas de la microcuenca están conformadas generalmente por rocas metamórficas y en bajas proporciones por rocas ígneas y sedimentarias. La mayoría de los suelos tiene su nacimiento de depósitos de ceniza volcánica y materiales piroclásticos provenientes de erupciones volcánicas (GAD CEBADAS, 2015, p. 43-45).

2.1.1. Ubicación Geográfica

La microcuenca del río Cebadas posee un área alrededor de 410 km² que abarca las comunidades de Atillo, Ozogoche, Cebadas y Yasepán. A continuación de acuerdo con Guambo (2016, p.35), se muestran los datos más importantes.

- Posee una temperatura media de 13.5 °C.
- Precipitación entre 750 mm a 1500mm.
- Altitud en la cota superior 3320 msnm.
- Altitud en la cota inferior 2920 msnm
- Longitud: Entre 2°5'17,941"S y 1°52'8,867"S
- Latitud: Entre 78°35'37,934"W y 78°36'34,288"W.

2.1.2. Ubicación de los puntos de muestreo

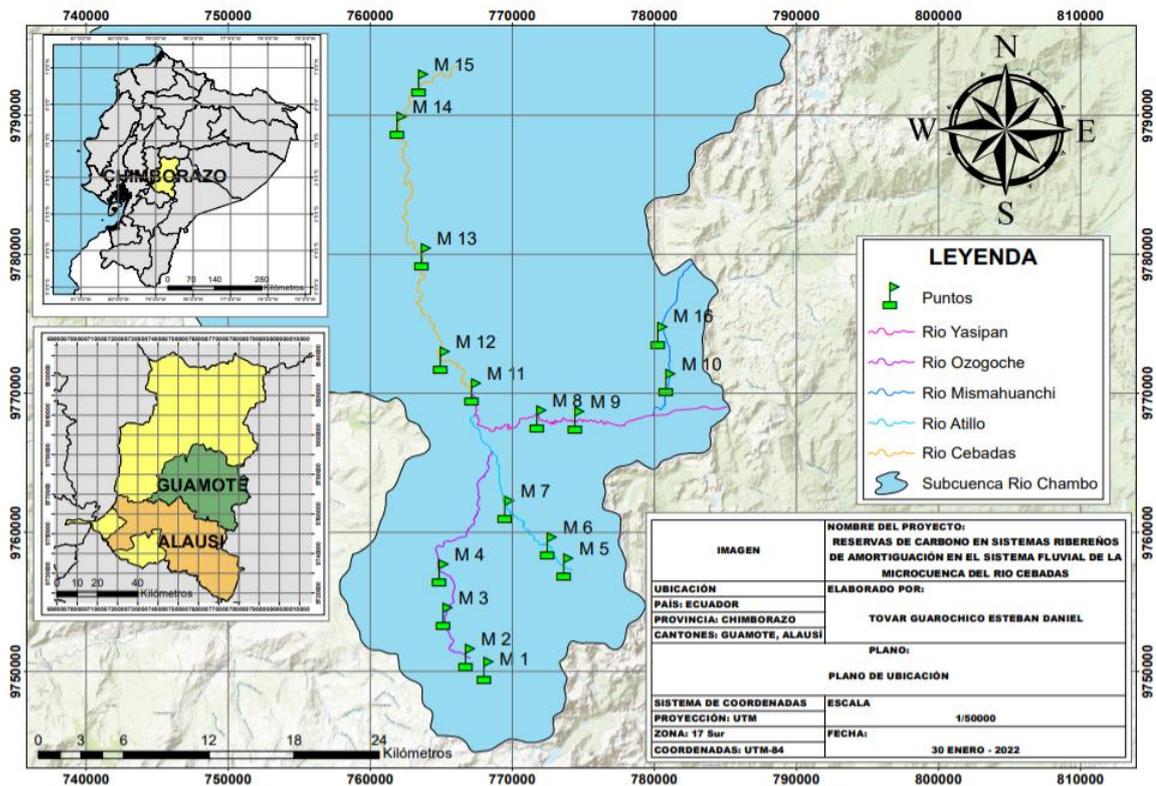


Figura 1-2: Ubicación de los puntos de muestreo de campo

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

2.2. Tipo y enfoque de la Investigación

En el presente documento se realizó una investigación de campo como técnico donde nos brindó datos más confiables para nuestro enfoque de estudio por ende se considera como una investigación no experimental por la recolección de datos en diferentes puntos donde tiene mucho que influir las condiciones de clima, viento, temperatura entre otros factores meteorológicos. Mediante el enfoque de estudio se establece como mixto debido a la integración de variables cuantitativas como los parámetros físicos y químicos del suelo y las variables cualitativas como el color del suelo brindando resultados confiables en nuestra indagación. Según el área de estudio es descriptiva porque se emplearon métodos y técnicas para la determinación de carbono orgánico en el suelo en los disímiles puntos de muestreo establecidos en la investigación. El método aplicado fue explicativo donde se determinó la cantidad de carbono orgánico en el suelo que existe dando énfasis que las actividades ganaderas y agrícolas influyen en el aumento o disminución del carbono. Como complementos adicionales en este trabajo se manejó herramientas informáticas, fuentes bibliográficas, libros, artículos científicos y normativas ambientales vigentes.

2.3. Población de estudio

La población de estudio consta alrededor de 1467 hectáreas que abarca la microcuenca del río Cebadas se tomó de acuerdo con varios criterios establecidos como:

- La estructura y textura del suelo.
- Las curvas de nivel.
- La topografía de los ecosistemas.
- Propiedades del suelo.
- Pendientes que poseen un fácil acceso.
- Zonas con establecimientos y sin establecimientos humanos.
- Áreas de actividades agropecuarias.

2.4. Tamaño y selección de la muestra

De la población de estudio se estableció 20 zonas o puntos mediante un proceso probabilístico con un coeficiente de varianza de 11.5%, 95% de confianza y un 5% de error. De los 20 puntos seleccionados se rechazaron 4 puntos debido a la pendiente y el difícil acceso que tienen para ingresar a los sitios de muestreo, finalmente se determinó 16 zonas de estudio. La microcuenca del río Cebadas comprende tres zonas, la zona alta que se ubica en la comunidad de Yasepán que se encuentra dentro del Parque Nacional Sangay, este sitio es un lugar montañoso con altas temperaturas donde no existe intervención antropogénica. Las zonas intermedias comprendidas por las comunidades de Atillo y Ozogoche donde muestran lagunas el mismo que sirve como fuente de consumo para las actividades agropecuarias. La zona baja la parroquia de Cebadas con temperaturas promedio donde existe un alto índices de intervención humana tanto para sus actividades agrícolas como ganaderas.

2.5. Método de muestreo

Se empleó el método por conglomerados o también conocido muestreo por rácimos que constó en seleccionar al azar un numero de muestras de la población, pero de forma natural es decir fraccionar la población en conjuntos, esto se debe porque el área de estudio es muy extensa por lo cual es muy eficiente aplicar este método.

2.5.1. Muestreo

2.5.1.1. En Campo

Se planificó las salidas de campo con el técnico docente de laboratorio, tutor de tesis y pasantes del grupo de investigación GIDAC. Una vez ya en campo con el uso del GPS Garmin se procedió a obtener las coordenadas geográficas. Cada zona de estudio consta alrededor de una hectárea en donde se realizó una cuadrícula 4x4 obteniendo 16 puntos a una distancia de 20 metros del uno con el otro, en cada punto se ejecutó una submuestra de 3 puntos formando una L a una distancia de 50 cm. Para la recolección de la muestra se empezó con la separación de la cubierta vegetal, con el uso de la cavadora se empezó a excavar hasta una profundidad de 30 cm. Una vez sacado una porción representativa de suelo de las 3 submuestras, se mezcla y se forma un cuarteto, tomando las porciones diagonalmente. Se envasa en una funda ziploc y se rotula correctamente. Al final se obtuvieron 16 puntos por cada zona y como fueron 16 zonas muestreadas se llevaron 256 muestras al laboratorio cuidadosamente, en donde posteriormente fueron secados al aire libre donde se efectuará los respectivos análisis de suelo de acuerdo con los objetivos planteados.



Figura 2-2: Toma de muestras de campo

Realizado por: Daniel, Tovar, 2022.

2.5.1.2. En el Laboratorio

Las muestras tomadas por cada macro en primer lugar se dejaron secar por 24 horas, luego se procedió a sacar una porción de suelo en un vaso para el análisis de pH y conductividad. Cada uno de los 16 macros fueron mezclados para obtener submuestras compuestas en L, Z, X, cuadrado interno, cuadro externo, y una submuestra total mezclada por todas las 16 muestras de cada macro, obteniendo 7 muestras compuestas más. Es decir 23 muestras por cada zona o macro, un total de 368 muestras para sus pertinentes análisis. Estos criterios fueron establecidos de acuerdo con la FAO y criterios propios de la investigación.



Figura 3-2: Elaboración de las submuestras compuestas

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

2.6. Materiales y Equipos

Tabla 1-2: Equipos y Materiales utilizados para el trabajo en campo y laboratorio

Equipos			
<p>GPS Garmin</p> 	<p>Multiparámetro</p> 	<p>Balanza Analítica</p> 	
<p>Mufla</p> 	<p>Estufa</p> 	<p>Analizador Dumas</p> 	
Materiales			
<p>Cavadora Manual</p> 	<p>Tamices</p> 	<p>Crisoles</p> 	<p>Desecador</p> 
<p>Pinzas de Crisol</p> 	<p>Guantes de Abesto</p> 	<p>Agitadores</p> 	<p>Tablas de Munsell</p> 

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

2.7. Técnicas para el estudio físico y químico del suelo

En base al manual de metodologías para el análisis físico y químico de suelo fue tomado del Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático conocido con sus siglas GIDAC, perteneciente a la Facultad de Ciencias de la gloriosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con el fin de cumplir y desarrollar todos los objetivos establecidos en la presente indagación.

2.7.1. pH

Es una medida muy importante para determinar su alcalinidad y acidez en el suelo que interfiere en la disponibilidad de nutrientes.

Tabla 2-2: Rangos de los parámetros de pH del suelo

PARÁMETRO	CONTENIDO	LECTURA
pH	0-1	Muy ácido
	2-3	Moderadamente ácido
	4-6	Ligeramente ácido
	6,5-7,5	Neutro
	8-10	Ligeramente alcalino
	11-12	Moderadamente alcalino
	13-14	Muy alcalino

Fuente: Villareal, Y. (2015).

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

2.7.1.1. Procedimiento

- Secar la muestra de suelo por 24 horas.
- Tomar una cantidad de 30 gramos de suelo y colocar en un vaso de 250 ml.
- Colocar 40 ml de agua en el vaso que contiene el suelo.
- Agitar la muestra con una varilla de vidrio alrededor de 2 minutos.
- Luego introducimos el pH-metro en la muestra sin tocar la parte inferior del vaso.
- Anotamos el resultado que muestra el pH-metro.
- Una vez utilizado el pH-metro lavar el electrodo con agua destilada.

2.7.2. Color

Para determinar el color de cada una de las muestras se utilizó las Tablas de Munsell que consta de una serie de patrones específicos como el brillo, el matiz y el croma para establecer su color.

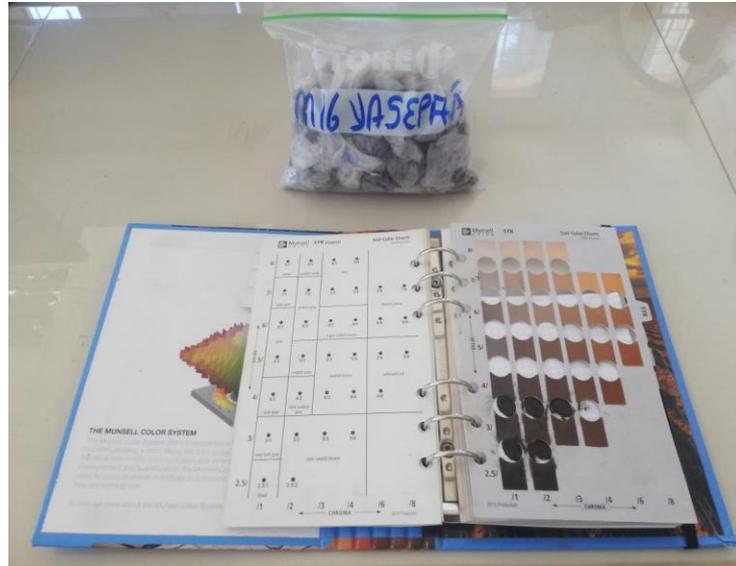


Figura 4-2: Determinación de color con las tablas de Munsell.

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

2.7.2.1. Procedimiento

- Secado de las muestras de suelo.
- Tamizar las muestras de suelo con un tamiz de 2mm.
- Tomar 2 a 3 gramos de muestra en una hoja y colocar en la página que más se asimile el color.
- Verificar en el eje "x" el croma y en el eje "y" el value.
- Anotar el código y el nombre del color.

Ejemplo:

10 YR - 4/3

Donde:

- Código: 10YR-4/3
- 10YR: Matiz (HUE)
- 4: Claridad (VALUE)
- 3: Pureza (CHROMA)
- Nombre: marrón oliva (olive brown)

2.7.3. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo nos muestra la cantidad de sales disueltas presentes en los diferentes perfiles de suelo. Es recomendable que el suelo tenga un rango óptimo de conductividad eléctrica para que cualquier planta pueda nutrirse sin gastar energía.



Figura 5-2: Determinación de la conductividad eléctrica.

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

2.7.3.1. Procedimiento

- Secar la muestra de suelo por 24 horas.
- Tomar una cantidad de 30 gramos de suelo y colocar en un vaso de 250 ml.
- Colocar 40 ml de agua en el vaso que contiene el suelo.
- Agitar la muestra con una varilla de vidrio alrededor de 2 minutos.
- Una vez agitado introducimos el conductímetro en la muestra sin tocar la parte inferior del vaso.
- Anotamos el resultado que muestra el conductímetro
- Una vez utilizado el conductímetro lavar el electrodo con agua destilada.

2.7.4. *Materia Orgánica*

La MO es un pilar fundamental en la calidad de los suelos, el mismo que ayuda a una mejor estructura, mejora la estabilidad y textura del suelo, proporciona adecuadamente los nutrientes para las plantas y microorganismos en donde son beneficiados los animales como fuente de alimento.



Figura 6-2: Pesado de muestras para determinar MO.

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

2.7.4.1. *Procedimiento*

- Los crisoles una vez lavados poner en la mufla a 800 °C por 2 horas.
- Sacar los crisoles cuidadosamente con las pinzas, utilizando los guantes y colocarlos en un desecador.
- Pesar cada uno de los crisoles en la balanza analítica, tarar y pesar 5 gramos de la muestra del suelo tamizado.
- Colocar los crisoles con los 5 gramos en una bandeja e introducir en la estufa a 105 °C por 24 horas.
- Sacar los crisoles de la estufa y pesar en la balanza analítica.
- Ubicar los crisoles ya pesados en la mufla a 360 °C por 2 horas
- Extraer y pesar nuevamente los crisoles.
- Una vez pesado lavar los crisoles que serán utilizados para los procesos repetitivos.
- Los 4 pesos obtenidos serán pasados a una hoja de Excel para sus respectivos cálculos.

Para determinar el porcentaje de materia orgánica se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%MO = \frac{P3 - P4}{P3 - P1} * 100$$

Ecuación 1-2: %Materia Orgánica

Donde:

%MO: Porcentaje de materia orgánica

P1: Peso crisol vacío

P2: Peso del suelo

P3: Peso crisol y suelo estufa a 105 °C

P4: Peso crisol y suelo mufla a 360 °C

Tabla 3-2: Rangos del contenido de Materia Orgánica.

PARÁMETRO	CONTENIDO	LECTURA
%MO	<1	Muy baja
	1-2	Baja
	2-3	Media
	3-4	Alta
	>4	Muy alta

Fuente: Calvo, A. (2017).

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

2.7.5. *Carbono Orgánico*

El carbono orgánico es un indicador clave para el determinar la calidad del suelo. Una vez obtenido el porcentaje de materia orgánica procedemos con la siguiente ecuación a calcular el porcentaje de carbono orgánico total.

$$\%CO = \frac{\%MO}{1.724}$$

Ecuación 2-2: %Carbono Orgánico

Donde:

- CO: Carbono orgánico (%)
- MO: Materia orgánica (%)
- 1.724: Factor de Van Benmelen

2.7.6. *Analizador DUMAS*

El analizador DUMAS es un equipo que nos ayudó a la determinación de carbono orgánico total y nitrógeno orgánico total. Nos mostró valores muy precisos y rápidos.

2.7.6.1. *Procedimiento*

- Se tomó 16 muestras en Z (de cada macro), T (totales de cada macro) y A (aleatorias de cada macro) de cada una de las parcelas en total 48 muestras.
- Poseer las muestras secadas y tamizadas con un tamiz de 250 μm .
- Pesar en la balanza analítica 15 miligramos aproximadamente y poner en las capsulas de estaño.
- Taponar las capsulas de estaño hasta liberar completamente el aire.
- Colocar las capsulas selladas en el muestreador del equipo para que en orden sigan cayendo en el reactor del equipo.
- Cada una de las muestras duró alrededor de unos 14 minutos aproximadamente después de unos procesos de combustión, reducción y separación.
- El equipo finalmente detecta cada una de las muestras donde los resultados se mostraron directamente en un programa estadístico conectado a una PC.

2.7.7. *Relación Carbono/Nitrógeno*

Para la diferencia de la relación carbono/nitrógeno se utilizó los datos obtenidos del analizador DUMAS de carbono y nitrógeno orgánico a través de la siguiente ecuación.

$$C/N = \frac{\%CO}{\%NO}$$

Ecuación 3-2: Relación C/N

Donde:

C/N: Relación carbono-nitrógeno (adimensional)

CO: Carbono orgánico (%)

NO: Nitrógeno orgánico (%)

Tabla 4-2: Rangos del contenido de la relación C/N.

PARÁMETRO	CONTENIDO	LECTURA
C/N	< 10	Baja
	10-12	Media
	> 12	Alta

Fuente: Kass, D. (1996).

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

2.8. Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se tomó las muestras en Z, T y A de cada una de las parcelas, por cada parcela se tomaron 16 muestras en total 48 muestras. Se comparó el porcentaje de carbono orgánico entre los métodos pérdida de peso por ignición conocido como LOI y el método DUMAS. Básicamente se trabajó con el programa StarAdvisor donde se calculó parámetros estadísticos como la media, desviación estándar, los rangos máximos y mínimos, coeficiente de variación, error estadístico y finalmente la curtosis. A través de las gráficas de cajas y bigote se determinó el comportamiento de las variables de la media y de la mediana. En el caso de obtener valores atípicos que no encuentran dentro de la curva de análisis se procede a realizar la prueba de Kruskal-Wallis que examina las medianas para verificar si existe alguna diferencia significativa entre las muestras analizadas.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Cuantificación de Carbono Orgánico

Tabla 1-3: Media Aritmética de Materia y Carbono Orgánico (%)

ZONA	MACRO	MO (%)	CO (%)
ATILLO	M1A	14,60	8,45
	M2A	12,60	7,33
	M3A	8,70	5,07
CEBADAS	M6C	1,90	1,10
	M7C	2,50	1,44
	M8C	2,90	1,70
	M14C	3,10	1,82
	M15C	4,10	2,40
OZOGOCHÉ	M4O	15,90	9,25
	M5O	17,20	9,98
	M12O	14,70	8,52
	M13O	17,80	10,31
YASEPÁN	M9Y	5,10	2,99
	M10Y	5,60	3,26
	M11Y	5,40	3,12
	M16Y	2,00	1,14
MEDIA TOTAL		8,38	4,87

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En la tabla 1-3 se indica las medias aritméticas de materia y carbono orgánico de cada uno de las parcelas muestreadas y analizadas en total 16 macros. En Atillo se realizó 3 muestreos, el M3A presenta una media baja de 8,70% de MO y 5,07% de CO, mientras el M1A una media alta de 14,60% de MO y 8,45% de CO con respecto a los tres puntos mencionado. En Cebadas se efectuó 5 puntos de muestreo, el M6C exhibe una media baja de MO de 1,90% y de 1,10% CO, en cambio el M15C una media alta de 4,10 de MO% y 2,40% de CO con relación a los cinco puntos analizados. En Ozogoche se ejecutó 4 puntos de muestreo, el M4O tienen una media baja de MO de 15,90% y 9,25% de CO, por otro lado, el M13O con una media alta de 17,80% de MO y 10,31% de CO con respecto a los cuatro puntos muestreados. En Yasepán se realizó 4 puntos de muestreo, el M16Y exhibe una media baja de 2,00% de MO y 1,14% de CO, mientras que el M9Y

con una media alta de 5,10% de MO y 2,99% de CO con relación a los cuatro puntos analizados. Una media total de 8,38% de MO y 4,87% de CO indicando que existe una alta concentración, por el mismo modo que la MO y el CO son directamente proporcionales. La materia orgánica es un pilar fundamental para la retención y regulación hídrica, es responsable para el desarrollo de microorganismos ya sea hongos y bacterias, así como también para la formación de agregados en su estructura. La MO contiene enormes cantidades de carbono orgánico para mantener estable los procesos biogeoquímicos.

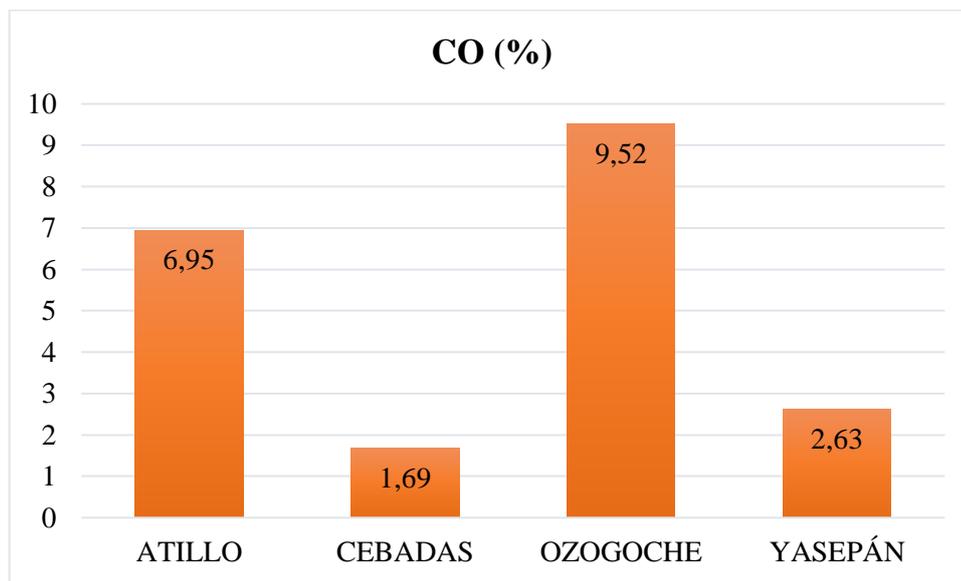


Gráfico 1-3: Carbono orgánico en las zonas de estudio

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En el gráfico 1-3 se indica la variabilidad del Carbono en las diferentes zonas de estudio. En Cebadas tenemos un bajo porcentaje de carbono orgánico debido a que existe intervención humana con actividades agrícolas como sembríos de cebolla, habas, papas y fresas, así también actividad agropecuaria con ganado de engorde y lechero. Por estos motivos es que suelo tienden a perder sus nutrientes especialmente de carbono, aunque el almacenamiento de nutrientes es bajo debido al suelo que es un poco arenoso por lo que su almacenamiento de agua también es menor por ende presenta cantidades bajas de carbono. En la zona de Yasepán tenemos a suelos poco intervenidos, existen algunos puntos que fueron muestreados y presentan una baja actividad ganadera con ganado solo de engorde. Estos suelos son francos arcillosos y poseen arcillas alófanas que quiere decir que son suelos muy jóvenes debido a que su meteorización ha transcurrido en un menor tiempo por ende poseen cantidades medias de carbono orgánico. En las áreas de Atillo y Ozogоче son sitios muy ricos de carbono orgánico debido que en la mayoría de los sitios son turberas donde poseen un alto almacenamiento de agua y de nutrientes, poseen un

pH ligeramente ácido y son suelos arcillosos. En estos lugares existe muy poca actividad ganadera, y en algunos puntos de muestreo casi nula por lo que son grandes reservorios de carbono orgánico.

3.2. Relación Carbono/Nitrógeno

Tabla 2-3: Relación C/N con las muestras totales de cada macro

MUESTRA	DUMAS		C/N
	N (%)	C (%)	
T1A	0,57	7,82	13,77
T2A	0,49	6,44	13,01
T3A	0,36	4,47	12,44
T4O	0,71	9,78	13,75
T5O	0,77	11,42	14,77
T6C	0,07	0,76	11,07
T7C	0,09	1,04	11,35
T8C	0,15	1,31	8,80
T9Y	0,21	2,81	13,57
T10Y	0,16	1,92	11,92
T11Y	0,25	3,04	12,14
T12O	0,64	8,13	12,75
T13O	0,80	11,15	13,91
T14C	0,15	1,83	12,35
T15C	0,14	1,86	13,67
T16Y	0,08	0,85	10,74

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En la tabla 2-3 se indica las muestras totales de cada una de las parcelas, Mediante el analizador DUMAS se determinó el porcentaje Nitrógeno y Carbono Orgánico para posteriormente calcular la relación C/N. En la muestra T6C de la zona de Cebadas con un bajo porcentaje de N de 0,07% y C de 0,76% proporcionando una relación media de C/N de 11,07 con respecto a los puntos analizados. Por otro lado, la muestra T13O del área de Ozogoche con un alto porcentaje de N de 0,80% y la muestra T5O de la misma zona con un alto porcentaje de C de 11,42%. Es importante mencionar que en la muestra T8C perteneciente a Cebadas tiene una baja relación C/N de 8,80 debido a que su suelo posee cantidades medias de N de 0.15% y el C con un 1.31% que es bajo debido a que hay una alta liberación de nitrógeno mineral y fosforo, en donde además existe el uso excesivo de fertilizantes químicos. Mientras tanto en la muestra T5O de Ozogoche existe una

relación muy alta de C/N de 14,77 debido a que el Nitrógeno y el Carbono exhiben elevados porcentajes por lo que su suelo presenta exceso de carbono y abundancia de energía presentando así pequeñas cantidades de fósforo y azufre al suelo porque la descomposición de la materia orgánica será un poco lenta.

Tabla 3-3: Relación C/N de las muestras en Z de cada macro

MUESTRA	DUMAS		C/N
	N (%)	C (%)	
Z1A	0,57	7,82	13,69
Z2A	0,54	7,06	13,00
Z3A	0,31	3,91	12,69
Z4O	0,78	10,30	13,14
Z5O	0,85	10,89	12,80
Z6C	0,16	1,65	10,44
Z7C	0,09	1,08	11,54
Z8C	0,12	1,42	11,36
Z9Y	0,26	3,38	12,93
Z10Y	0,20	2,50	12,20
Z11Y	0,24	3,00	12,32
Z12O	0,50	6,40	12,88
Z13O	0,78	10,82	13,95
Z14C	0,15	1,78	12,18
Z15C	0,15	1,96	13,13
Z16Y	0,11	1,14	10,65

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En la tabla 5-3 se enseña las muestras en Z de cada una de las parcelas analizadas. La muestra Z7C perteneciente a la zona de Cebadas presentan los valores más bajos de 0,09% de N y 1,08% de C con relación a los demás puntos analizados. En cambio, la muestra Z5O ubicado en la zona de Ozogoche indica los valores más elevados en la indagación con 0,85% de N y 10,89% de C. La relación C/N menor a los puntos analizados es la muestra Z6C situado en Cebadas es de 10,44. Por otro lado la muestra Z13O ubicado en Ozogoche presenta una elevada relación C/N de 13,65. En general la relación C/N es alta en 12 puntos y media en 4 puntos de acuerdo con la Tabla 4-2 que indica el rango de la relación C/N según Kass (1996).

Tabla 4-3: Relación C/N de las muestras aleatorias de cada macro

MUESTRA	DUMAS		C/N
	N (%)	C (%)	
A1A	0,56	8,09	14,37
A2A	0,57	7,67	13,47
A3A	0,33	4,31	12,93
A4O	0,67	9,05	13,59
A5O	0,72	10,08	14,00
A6C	0,07	0,73	10,85
A7C	0,09	1,00	11,04
A8C	0,13	1,52	11,65
A9Y	0,22	2,95	13,13
A10Y	0,18	2,07	11,40
A11Y	0,26	3,21	12,20
A12O	0,57	7,45	12,97
A13O	0,71	10,00	14,14
A14C	0,16	1,89	12,13
A15C	0,18	2,39	13,08
A16Y	0,09	1,14	13,19

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En la tabla 4-3 se indica las muestras aleatorias de cada una de las parcelas desarrolladas. La muestra A6C ubicado en Cebadas presenta porcentajes mínimos de 0,07% de N y 0,73% de C, dándose una relación C/N de 10.85 aceptable para los procesos geológicos y metabólicos del suelo. En cambio, la muestra A5O situado en Ozogoché exhibe altos porcentajes de 0,72% N y 10,08 de C% en relación con los puntos analizados, donde se muestra una relación C/N de 14 muy elevada por el exceso de carbono y energía que presentan esos suelos. En estas muestras aleatorias en comparación a la Tabla 2-3 y la Tabla 3-3 presentan elevadas concentraciones de relación C/N donde existe una alta variabilidad entre cada uno de los datos obtenidos. Los resultados logrados muestran que en cada uno de los puntos a una diferencia de 20 metros que fueron muestreados existe una diferencia alta, es decir en cada hectárea existe diferencias enormes debido a las actividades antropogénicas especialmente agrícolas y ganaderas que difieren en los porcentajes tanto de carbono y nitrógeno. Por ellos en las zonas altas es imposible el sembrío de cultivos ya que las plantas no soportan extremas temperaturas de frío donde retardada su crecimiento, tienden a tener un estrés biológico que les causa totalmente la muerte.

3.3.pH

Tabla 5-3: Promedio de pH de cada macro

ZONA	MACROS	pH
ATILLO	M1A	6,18
	M2A	6,01
	M3A	6,27
CEBADAS	M6C	8,39
	M7C	7,11
	M8C	6,88
	M14C	7,40
	M15C	6,59
OZOGOCHE	M4O	5,98
	M5O	6,13
	M12O	6,36
	M13O	6,10
YASEPÁN	M9Y	6,74
	M10Y	6,21
	M11Y	6,39
	M16Y	6,81
MEDIA TOTAL		6,60

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

La tabla 5-3 se exhibe el pH del suelo de los puntos desarrollados en el laboratorio. En la zona de Atillo en los 3 puntos de muestreo presentan valores ligeramente ácidos debido a que el suelo presenta retención de macroelementos y baja disponibilidad de materia orgánica impidiendo la asimilación de sustratos esenciales, existiendo casi nula las actividades agrícolas, mientras que la actividad agropecuaria especialmente de ganado es baja. En el área de Cebadas tenemos 5 puntos de muestreo. De estos puntos mencionados tenemos a la muestra M6C con un pH ligeramente básico de 8,39 debido a que el sitio tenía sembríos de fresa y alfalfa por el manejo de fertilizantes alcalinos como carbonatos y fosfatos. En la zona de Ozogоче en la muestra M4O exhibe un pH ligeramente ácido de 5,98; esto se debe a la presencia de iones Aluminio provocado la poca asimilación de los nutrientes primarios como el Calcio, Magnesio y Fosforo. En Yasepán tenemos valores aceptables de pH debido que son sitios de una elevada altitud que superan los 3500 metros donde existe poca actividad agropecuaria. El pH promedio general de estudio es un pH neutro 6.60 según la Tabla 2-2 que menciona Villareal (2015), brindando un pH adecuado, optimo e ideal para la disponibilidad y asimilación de nutrientes, ayudando a los microorganismos a realizar

apropiadamente los procesos de humificación, mineralización y descomposición de la materia orgánica.

3.4. Conductividad Eléctrica

Tabla 6-3: Promedio de pH de cada macro

ZONA	MACROS	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
ATILLO	M1A	30,21
	M2A	37,86
	M3A	54,37
CEBADAS	M6C	240,43
	M7C	96,00
	M8C	99,29
	M14C	123,44
	M15C	73,45
OZOGOCHÉ	M4O	40,41
	M5O	236,44
	M12O	56,18
	M13O	61,06
YASEPÁN	M9Y	88,20
	M10Y	39,10
	M11Y	53,67
	M16Y	25,69
MEDIA TOTAL		84,74

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

La Tabla 6-3 se indica la conductividad eléctrica del suelo en cada uno de los macros de las diferentes zonas analizadas. En Yasepán la muestra M16Y presenta una cantidad muy escasa de CE de 25.69 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el área de Cebadas la muestra M6C presenta una mayor CE de 240.43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ debido a que en el lugar existe el uso sales inorgánicas del suelo para elevar la CE para obtener un rápido y mejor rendimiento del producto en este caso de fresas. Generalmente las 4 zonas de estudio de Atillo, Ozogoché, Cebadas y Yasepán se exhibe cantidades muy mínimas de CE con una media total de 84,74 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad depende de la interacción entre iones presentes en la disolución; cuando mayor es la conductividad eléctrica mayor es la concentración de sales por lo que la CE en esta indagación es muy baja debido a que la mayoría de los suelos son arcillosos y francos arcillosos. En los páramos andinos debido a la existencia de turberas y a

la acumulación de grandes cantidades de agua en épocas de sequía el agua tiende a infiltrarse en el suelo produciendo así un lavado natural de las sales que presentan los agregados.

3.5. Color

Tabla 7-3: Color representativo de cada macro

ZONA	MACROS	COLOR
ATILLO	M1A	black
	M2A	black
	M3A	very dark grayish brown
CEBADAS	M6C	olive brown
	M7C	dark grayish brown
	M8C	very dark brown
	M14C	dark brown
	M15C	dark brown
OZOGOICHE	M4O	black
	M5O	black
	M12O	very dark brown
YASEPÁN	M13O	black
	M9Y	very dark brown
	M10Y	very dark grayish brown
	M11Y	very dark
	M16Y	very dark
COLOR REPRESENTATIVO		black

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En la tabla 7-3: representa el color del suelo en seco de cada una de las macros de las diferentes zonas. En Atillo predomina el color black (negro), En la zona de Cebadas prevalece el color dark brown (marrón oscuro). En el sector de las lagunas de Ozogoche sobresale el color black (negro). En el área de Yasepán resalta el color very dark (muy oscuro). El color más representativo en todas las zonas de estudio es el black (negro). El color del suelo es un indicador físico que se puede detectar a simple vista, que depende de algunos factores como el material geológico del suelo, la composición y el tipo de suelo, En estas áreas de estudio debido a su color negro existe una alta cantidad de materia orgánica, hierro y manganeso, un material húmico muy bueno para los procesos que se desarrollan en el suelo. Mediante el color podemos determinar fácilmente la fertilidad del suelo si es apto para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es muy significativo

mencionar que cuando encontramos suelos oscuros se debe al alto contenido de sodio que presenta el suelo.

3.6. Variabilidad del Carbono Orgánico en el suelo

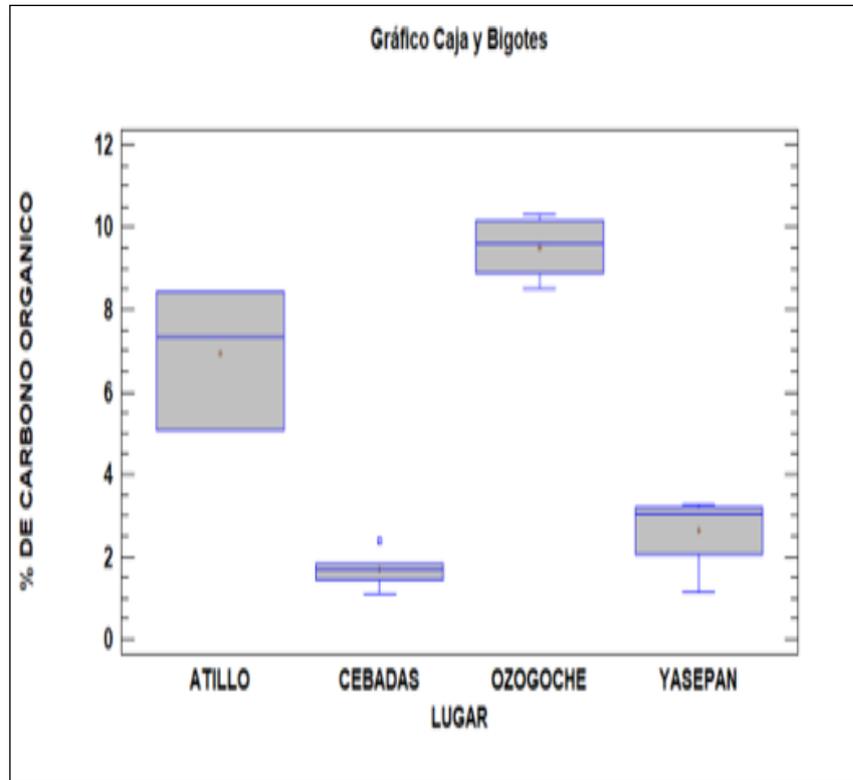


Gráfico 2-3: Medias del % de Carbono Orgánico por lugares

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En el gráfico 2-3: se indica las medias del porcentaje de CO por las zonas de Atillo, Cebadas Ozogoché y Yasepán donde existe diferencias significativas entre cada una. La tabla ANOVA descompone la varianza de Carbono en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 57,8094, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05 existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de x. La zona de Ozogoché presenta una similitud con la zona de Atillo debido a que se encuentran casi por la misma altura. La zona de Cebadas y Yasepán presentan semejanza porque su altura es menor a diferencia de las otras zonas, en estos lugares existen actividades agrícolas y agropecuarias.

3.7. Comparación del Método LOI y DUMAS

Tabla 8-3: Estadístico del DUMAS LOG

Muestra	Recuento	Media	Varianza	DE	CV	Rango	Curtosis
A	16	0.519±0.09	0.14	0.38	74.17%	1.13	-1.10
T	16	0.503±0.10	0.16	0.41	81.65%	1.13	-1.20
Z	16	0.539±0.08	0.12	0.35	66.36%	1.00	-1.21

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En la tabla 8-3: se encuentran el análisis estadístico mediante StarAdvisor de los niveles A, T, y Z, 16 muestras por cada punto en total 48. Es importante mencionar que a cada uno de los valores se aplicó métodos logarítmicos para realizar ajustes y obtener mejores resultados. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre cada uno de los niveles, presentando un nivel del 95.0% de confianza.

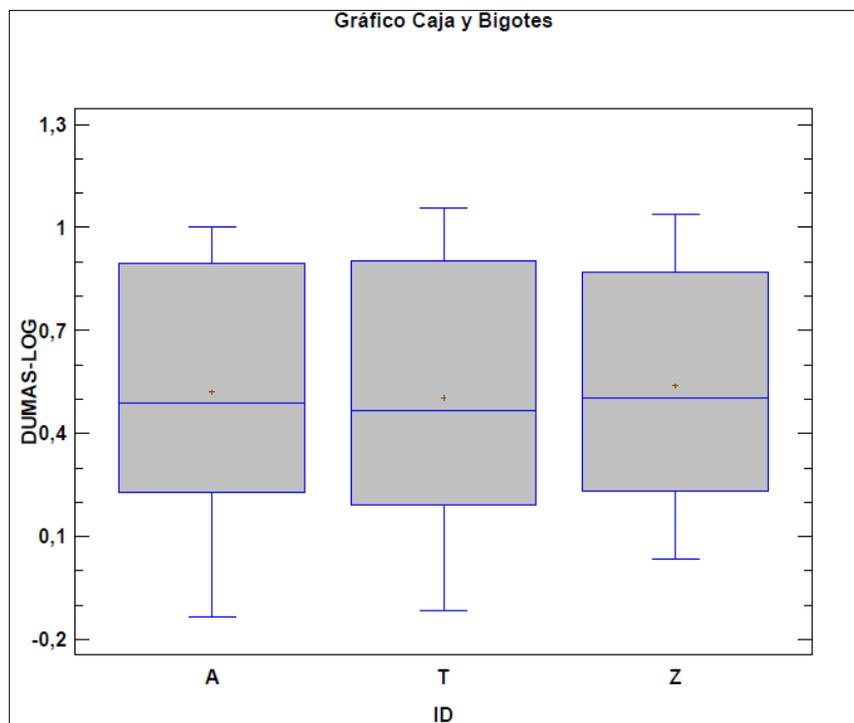


Gráfico 3-3: Mediana del % de Carbono Orgánico por DUMAS-LOG

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En el gráfico 3-3 se muestran las medianas de CO (%) de los 3 niveles A (Aleatorio), T (Totales) y Z donde se empleó la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias, además de permitir buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza. Primero se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor

y luego se calcula el rango promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es de 0,95, es decir que es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 9-3: Estadístico del LOI-LOG

Muestra	Recuento	Media	DE	CV	Rango	Curtosis
A	16	0.534±0.02	0.36	67.93%	0.94	-1.38
T	16	0.529±0.10	0.37	70.46%	1.06	-1.22
Z	16	0.567±0.28	0.33	58.37%	0.97	-1.08

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En la tabla 9-3 se muestra los niveles A, T y Z de Carbono Orgánico, en cada nivel se encuentran 16 muestras en un total de 48. Antes de ingresar los valores numéricos al programa estadístico StarAdvisor se modificó de valores numéricos a logarítmicos. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre cada uno de los niveles, presentando un nivel del 95.0% de confianza.

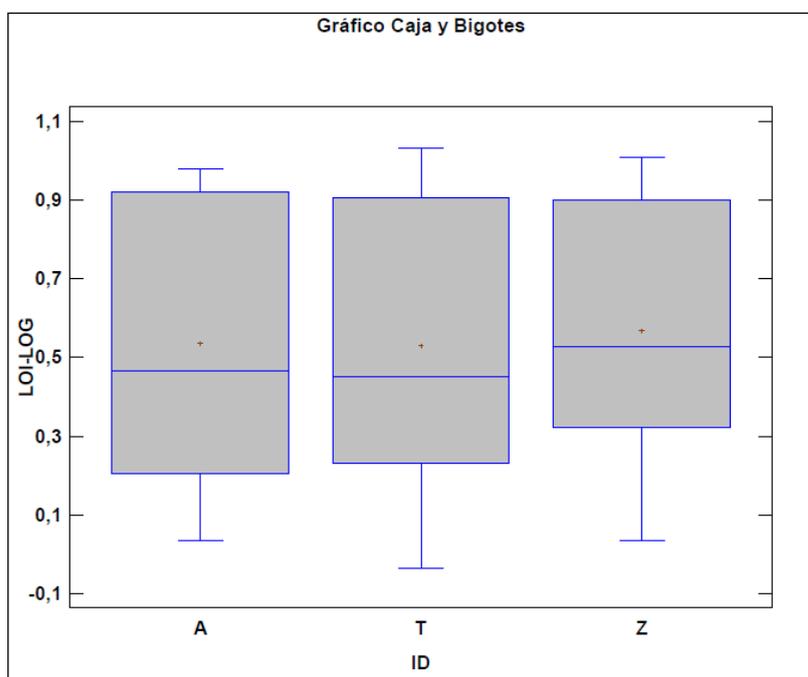


Gráfico 4-3: Mediana del % de Carbono Orgánico por LOI-LOG

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En el gráfico 4-3 se muestran las medianas de CO (%) de los 3 niveles donde se empleó la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias, además de permitir buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza. Primero se combinan

los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor y luego se calcula el rango promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es de 0,94, es decir que es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

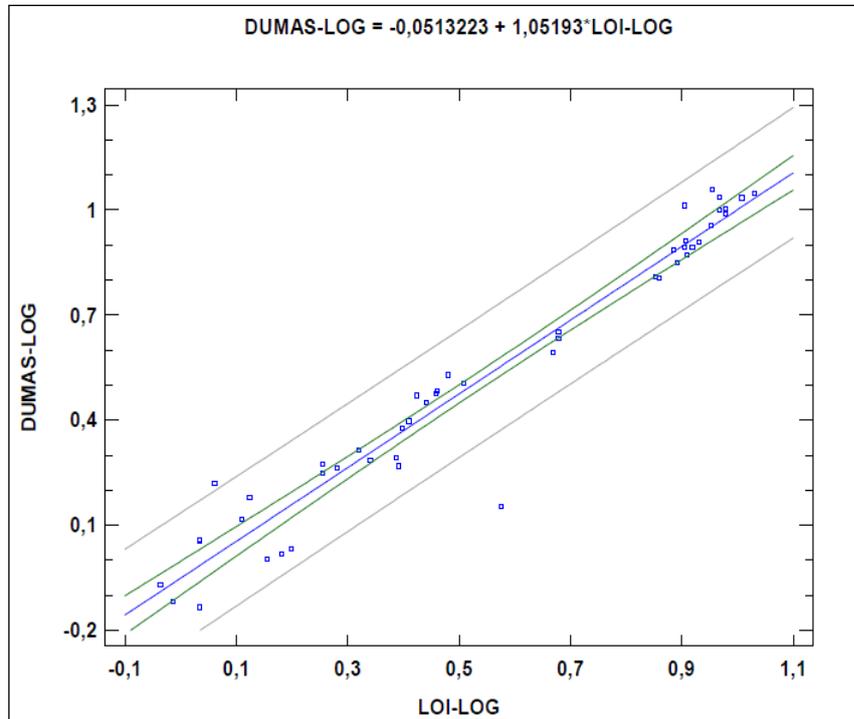


Gráfico 5-3: Modelo ajustado del DUMAS LOG y LOI-LOG

Realizado por: Tovar, Daniel, 2022.

En el Gráfico 5-3 se indica una relación estadísticamente significativa entre DUMAS-LOG y LOI-LOG, puesto que el valor P es menor que 0,05 con un nivel de confianza del 95,0%. El coeficiente de correlación es igual a 0,972158, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0,0893858.

CONCLUSIONES

- Un porcentaje muy elevado de carbono orgánico se cuantificó en las zonas altas de los páramos andinos que bordea una altura de 3000 a 3200 msnm, esto debido a una baja actividad antropogénica y a los factores climáticos que ayudan a reducir la velocidad de descomposición de la materia orgánica, manteniendo altos porcentajes de CO para facilitar el funcionamiento correcto de los ecosistemas.
- El porcentaje de carbono y nitrógeno es muy sublime en los páramos, donde se evaluó cantidades enormes de la relación C/N debido a que estas áreas presentan bajas temperaturas que ayuda a que el carbono y el nitrógeno se encuentren más concentrados y fijados en el suelo, retardando los procesos de mineralización de la MO y de las rocas. El color negro muy característico por ser suelos arcillosos con una baja conductividad eléctrica y pH ligeramente ácidos.
- Las franjas con menor altitud que se encuentran por debajo de los 3000 msnm se mostró una variabilidad de carbono bajo con respecto a las restantes zonas, esto ocurre por la intervención del hombre mediante las actividades agrícolas y ganaderas, por el uso excesivo de fertilizantes químicos que altera la estructura misma del suelo, por el monocultivo que absorbe los nutrientes del suelo de una forma inapropiada.
- Los sistemas de bosque de ribera de los páramos andinos son una fuente rica de carbono por ser suelos relativamente jóvenes y poco desarrollados que ayudan al funcionamiento de los procesos ecosistémicos del suelo, regula el cauce hídrico aguas abajo especialmente en épocas de sequía, combatir y reducir el cambio climático, proporciona servicios esenciales para la supervivencia y bienestar de todo ser vivo.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de carbono y parámetros fisicoquímicos en época de verano o sequia para cuantificar si los factores climáticos como el relieve, el clima, el viento inciden en la variación de carbono. Mediante estos estudios complementarios buscar diferentes alternativas para mitigar el cambio climático que cada año va cambiando notablemente y perjudicando al planeta.
- Crear zonas de amortiguación o barreras protectoras con arbustos propios para la conservación de los páramos andinos por el motivo que la población con el pasar de los años se sumergen cada vez más en estos lugares con el objetivo de conservar la biodiversidad de los páramos.
- Evitar actividades antropogénicas como la deforestación, la quema de paramos, el monocultivo, la ganadería, la caza indiscriminada, la contaminación de las fuentes hídricas, la minería ilegal, deportes extremos que destruyen y alteran el suelo por ser muy vulnerables.
- Coordinar charlas con los presidentes de las comunidades y los GADS parroquiales con el objetivo de fomentar la conservación de los páramos andinos los mismo que son una fuente primordial para la existencia de todo tipo de vida. Además, capacitar a los pequeños agricultores y ganaderos para el correcto uso del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, Cristóbal. “Concentración de nitrógeno en el suelo por efecto de manejo orgánico y convencional” *Departamento de Suelos* [En línea], 2011, (México) 29, pp. 325-332. [Consulta: 11 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v29n3/2395-8030-tl-29-03-00325.pdf>.

ALEGRE, Julio; & ARÉVALO, Luis. *Reservas de Carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia Peruana*. [Blog]. Perú: 2014. [Consulta: 1 julio 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/y4435s/y4435s0a.htm>.

ALVARADO BATRES, César, & BARAHONA PALOMO, Palomo. “Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador” *UNED* [En línea], 2017, (El Salvador) 9(1), pp. 23-33. [Consulta: 11 agosto 2021]. ISSN 1659-4266. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v9n1/1659-4266-cinn-9-01-00023.pdf>.

ARCOS TORRES, Inty. Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras [En línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría). Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 2005. p.25. [Consulta : 22 julio 2021]. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4888/Efecto_del_ancho_de_los_ecosistemas_riparios.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

BUSTAMENTE, Mercedes; et al. *Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales* [blog]. España: 2020. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: http://rioccadapt.com/wp-content/uploads/2020/07/03_Cap_3_CambioClimatico.pdf

CALVO, Adriana. *Análisis de suelos agrícolas: guía práctica*. [blog]. 2017. [Consulta: 18 enero 2022]. Disponible en: <https://www.agroptima.com/es/blog/analisis-de-suelos-agricolas/>

CAMACHO TAMAYO, Jesús; et al. “Evaluación de textura del suelo con espectroscopía de infrarrojo cercano en un oxisol de Colombia”. *Colombia Forestal* [En línea], 2017, (Colombia) 20(1), pp. 5-18. [Consulta: 14 julio 2021]. ISSN 0120-0739. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v20n1/v20n1a01.pdf>

CASTRO, Mercedes. *Ambientes de transición: características, flora, fauna, ejemplos* [blog]. 2020. [Consulta: 21 julio 2021]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/ambientes-de-transicion/>.

CEDEÑO, Juan Carlos. *Zonas de Vida en Ecuador* [blog]. Ecuador: 2016. [Consulta: 8 julio 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/370226732/Zonas-de-Vida-en-Ecuador>.

CHILUIZA DÁVILA, Brayan Alberto. Evaluación de los humedales del sistema lacustre en la laguna Magdalena-Atillo del Parque Nacional Sangay como sumidero de carbono [En línea] (Trabajo de Titulación). (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2020. p. 1 [Consulta: 2021-07-01.]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13800/1/236T0477.PDF>

CHIRINOS, I, & MATTIAZZO, M. “Variación de la conductividad hidráulica en suelos saturados en función de la concentración de sodio presente en residuo agroindustrial”. *Revista de la Facultad de Agronomía* [En línea], 2004, (Venezuela) 21(1), pp. 23-45. [Consulta: 11 agosto 2021]. ISSN 0378-7818. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000100001.

CHUNCHO MOROCHO, Carlos. “Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión”. *Bosques Latitud Cero* [En línea], 2019, (Ecuador) 9(2), pp.71-83. [Consulta: 20 julio 2021]. ISSN 2528-7818. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/686>.

CLARK, Peter. *La Importancia de la zona de amortiguamiento de las Áreas Silvestres Protegidas* [En línea]. Paraguay: 2016. [Consulta: 21 julio 2021]. Disponible en: <http://parquesnacionalesdelparaguay.blogspot.com/2016/01/la-importancia-de-la-zona-de.html>.

CORONA RODRIGUEZ, Alianna; et al. “Problemas ambientales asociados a las inundaciones por fuertes lluvias en el Consejo Popular Veguita: Propuesta de una estrategia de mitigación”. *Minería y Geología* [en línea], 2017, (Cuba) 33(4). pp.489-501. . [Consulta: 21 julio 2021]. ISSN 1993-8012. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v33n4/mg10417.pdf>

CORTÉS, Diego; et al. “RELACIÓN ESPACIAL ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO”. *Rev. U.D.C.A* [En línea], 2013, (Colombia) 16(2), pp. 401-408. [Consulta: 12 agosto 2021]. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n2/v16n2a14.pdf>.

DABADIE, Mariana; et al. FACF. “Calibración del método de pérdida de peso por ignición para la estimación del carbono orgánico en Inceptisoles del NE de Entre Ríos”. *Revista de la Facultad De Agronomía* [En línea], 2018, (Argentina) 117(1), pp. 157-162. [Consulta: 9 enero 2022]. ISSN 1669-9513. Disponible en: <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/7330>

ETCHEVERRÍA, Paulina. *El secuestro de carbono en los suelos* [blog]. 2018. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: <https://www.redagricola.com/cl/el-secuestro-de-carbono-en-los-suelos/>.

FAO. “Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra”. *Informes sobre recursos mundiales de suelos* [en línea], 2002, (Italia) 96(2), p. 2. [Consulta: 10 enero 2022]. ISSN 1020-430-X. Disponible en: <https://www.fao.org/3/bl001s/bl001s.pdf>

GAD CEBADADAS. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Ecuador. 2015, pp. 43-45. [Consulta: 11 noviembre 2021]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660818930001_Diagn%C3%B3stico_Cebadas_15-05-2015_15-57-20.pdf

GAD GUAMOTE. *Plan Estratégico Institucional 2016-2019*. Ecuador. 2016, pp. 27-28. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: <https://www.gadguamote.gob.ec/index.php/gadm-g/plan-de-desarrollo1/2188-pei-gadm-g-2016/file>

GAD RIOBAMBA. *Parque Nacional Sangay* [En línea]. 2021. [Consulta: 21 julio 2021]. Disponible en: <https://riobamba.com.ec/es-ec/chimborazo/riobamba/parques-nacionales/parque-nacional-sangay-a3cf429f1>.

GALÍNDEZ, Álvaro. *Fósforo en el suelo* [blog]. 2019. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/fosforo-agricultura>.

GAMARRA LEZCANO, Cynthia; et al. “Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [En línea]. 2007, (Paraguay) 9(46), pp. 4-26. [Consulta: 11 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n46/2007-1132-remcf-9-46-4.pdf>

GARCÍA GALVIS, Johnbryner, & BALLESTEROS GONZÁLEZ, María. “EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DE

CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS”. *Revista Colombiana de Química* [En línea]. 2005. (Colombia) 34(2), pp. 201-209. [Consulta: 9 enero de 2022]. ISSN 2357-3791. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/820>

GARCÍA IZQUIERDO, Carlos. *El carbono orgánico y la funcionalidad del suelo* [blog]. Murcia: 2018. [Consulta: 7 julio 2021]. Disponible en: <https://www.laverdad.es/ababol/ciencia/carbono-organico-funcionalidad-20180630213734-nt.html>.

GOITÍA, Carlos. *Ecosistemas Lóticos* [blog]. 2010. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/carlos2do/tema-3-ecosistemas-lticos>.

GÓMEZ, Violeta. *Bosque de ribera: características, distribución, flora y fauna* [blog]. 2019. [Consulta: 22 julio 2021]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/bosque-de-ribera/>.

GREGORIO, Jose; et al. “COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO KJELDAHL TRADICIONAL Y EL MÉTODO DUMAS AUTOMATIZADO (N CUBE) PARA LA DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS EN DISTINTAS CLASES DE ALIMENTOS”. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente* [En línea], 2016, (Venezuela) 28(2), pp. 1-9. [Consulta: 9 enero 2022]. ISSN 1315-0162. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4277/427749623006/427749623006.pdf>

GRIMALDO, Mirian. *La importancia de las técnicas de muestreo*. [En línea]. 2016. [Consulta: 10 enero 2022]. Disponible en: <https://prezi.com/6x-jttlxeduk/la-importancia-de-las-tecnicas-de-muestreo/#:~:text=El%20muestreo%20es%20de%20vital,es%20que%20es%20mucho%20m%C3%A1s>.

GUAMBO LEMA, Ana Verónica. Valoración económica ambiental del servicio hidrológico de la microcuenca del río Cebadas del cantón Guamate, provincia de Chimborazo. [En línea] (Proyecto de Investigación). (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. p. 35. [Consulta: 2022-12-17]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/4760/1/20T00722.pdf>

GUTERRES, Antonio. *¿Cuál es el estado actual del cambio climático en el mundo?* [blog]. España: 2020. [Consulta: 6 julio 2021]. Disponible en: <https://www.pactomundial.org/2020/12/cual-es-el-estado-actual-del-cambio-climatico-en-el-mundo/>.

GUY, Sela. *Potasio en el suelo* [blog]. 2020. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/potassium-in-soil/#:~:text=Potasio%20mineral%20%E2%80%93%20se%20encuentra%20en,potasio%20en%20estas%20formas%20insolubles.&text=Los%20minerales%20de%20arcilla%20en,es%20disponible%20para%20las%20plantas>.

HANCOCK, Lorin. *La degradación de los bosques: por qué afecta a las personas y la vida silvestre* [blog]. 2019. [Consulta: 28 julio 2021]. Disponible en: <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/la-degradacion-de-los-bosques-por-que-afecta-a-las-personas-y-la-vida-silvestre>.

HERNÁNDEZ, Jorge; et al. *Potasio* [blog]. 2010. [Consulta : 15 julio 2021]. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/Potasio.pdf>

INECOL, F. *La función de la vegetación ribereña y la calidad de los ríos.* [blog]. Mexico: 2017. [Consulta: 1 julio 2021]. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/1014-la-funcion-de-la-vegetacion-riberena-y-la-calidad-de-los-rios>.

JOHNSON, Roberta. *Ciclo del Carbono* [blog] 2010. [Consulta: 7 julio 2021]. Disponible en: https://www.windows2universe.org/earth/Water/co2_cycle.html&lang=sp.

JUSTE, Irene. *Qué es un ecosistema acuático* [blog]. 2021. [Consulta: 8 julio 2021]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-ecosistema-acuatico-332.html>.

KASS, D. *Fertilidad de Suelos.* [En línea]. San José-Costa Rica: EUNED, 1996. [Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=sRua411JhvgC&pg=PA188&dq=tabla+de+la+relaci%C3%B3n+carbono/nitrogeno&hl=es-419&sa=X&pli=1#v=onepage&q=tabla%20de%20la%20relaci%C3%B3n%20carbono%20nitrogeno&f=false>

LLAMBI, Luis; et al. “Los suelos del páramo”. *Ecología, hidrología y suelos de páramos* [En línea], 2012, (Ecuador-Perú), p. 194. [Consulta: 16 enero 2022]. ISBN: 9789942115492. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>

MAE. *Econciencia Verde. Revista Especializada en Medio Ambiente.* [blog]. 2016. [Consulta: 27 julio 2021]. Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/ECOCIENCIA_VOL_2.pdf

MARTÍNEZ MERA, Keny Caroline. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL BOSQUE DE RIBERA DE LOS RÍOS TEAONE, ATACAMES, SÚA Y ESTERO SÁLIMA, PROVINCIA ESMERALDAS, ECUADOR . [En línea] (Trabajo de Titulación). (Tesis de Grado) Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Esmeraldas, Ecuador. 2018. pp. 8-11. [Consulta: 2021-07-26]. Disponible en: <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1606/1/MART%20C3%8DNEZ%20MERA%20KENY%20CAROLINE.pdf>.

MESÍAS, Fredy; et al. “Reservas de Carbono Orgánico en suelos de la llanura fluvial Calceta-Tosagua, Manabí, Ecuador”. *Cultivos Tropicales* [En línea], 2018,(Cuba) 39(4), pp. 27-33. [Consulta: 10 Septiembre 2021]. ISSN 1819-4087. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n4/ctr04418.pdf>

MAATE. *Áreas Protegidas del Ecuador* [blog]. 2021. [Consulta: 21 julio 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/#>.

MOLLER, Patricia. “Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales”. *Gestión Ambiental* [En línea], 2011, (Chile) 21, pp. 96-106. [Consulta: 1 Julio 2021]. ISSN 0718-445X. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259332396_Las_franjas_de_vegetacion_riberena_y_su_funcion_de_amortiguamiento_una_consideracion_importante_para_la_conservacion_de_humedales

MONCAYO, Carlos. *¿Cuántas reservas de carbono hay en el mundo?* [blog]. 2018. [Consulta: 11 enero 2022]. Disponible en: <https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/cuantas-reservas-de-carbono-hay-en-el-mundo.asp>.

ORCHARDSON, Emma. *El nitrógeno en la agricultura* [blog]. 2020. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en; <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/>.

OSORIO, N. “pH del suelo y disponibilidad de nutrientes”. *Laboratorio de Suelos* [En línea], 2012 (Colombia) 1(4), pp. 1-4. [Consulta: 12 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>

PABÓN, Merlin. *Ecosistemas de Montaña* [blog]. 2016. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/3856316/>.

PALACIOS OREJUELA, I; et al. “Almacenamiento de carbono como servicio ambiental en tres Reservas Naturales del Ecuador”. *Geoespacial* [En línea], 2019, (Ecuador) 16(1), pp 1-14. [Consulta: 11 julio 2021]. ISSN 2631-2751. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338703832_ALMACENAMIENTO_DE_CARBONO_COMO_SERVICIO_AMBIENTAL_EN_TRES_RESERVAS_NATURALES_DEL_ECUADOR

PALOMEQUE DE LA CRUZ, Miguel; et al. “Pérdida de humedales y vegetación por urbanización en la cuenca del río Grijalva, México” *Investigaciones Geograficas* [En línea], 2017, (México) 68. pp. 151-172. [Consulta: 28 julio 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/176/17653923009/html/>.

PEREYRA, Jordi. *El Carbono, la base de la vida* [blog]. 2020. [Consulta: 7 julio 2021]. Disponible en: <https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/el-carbono-la-base-de-la-vida-581463573586>.

PÉREZ, Ramón. *Daños ambientales por sismos* [blog]. Yucatán: 2017. [Consulta: 27 julio 2021]. Disponible en: <https://sipse.com/novedades-yucatan/opinion/danos-ambientales-por-sismos-opinion-yucatan-269782.html>.

RAISG. *Carbono Vivo* [blog]. 2020. [Consulta: 11 enero de 2022]. Disponible en: <https://www.amazoniasocioambiental.org/es/radar/nuevo-estudio-hace-el-balance-de-las-reservas-de-carbono-en-la-amazonia/>.

ROLDÁN, Laura. *Ecosistemas lénticos* [blog]. 2020. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-lenticos-que-son-y-ejemplos-2132.html>.

ROMERO, Fabián; et al. “Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile”. *Bosque* [En línea], 2014. (Chile) 35(1), pp. 3-12. [Consulta: 6 julio 2021]. ISSN 0717-9200. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v35n1/art01.pdf>.

RON, Santiago. *Regiones naturales del Ecuador* [blog]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador: 2020. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>.

SALAMANCA JIMENEZ, Albeiro, & SADEGHIAN KHALAJABADI, Siavosh. “La densidad aparente y su relación con el suelo de la zona cafetera colombiana”. *Cenifcafé* [En línea], 2005, (Colombia) 56(4), pp. 381-397. [Consulta: 10 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>

SALISBURY, Claire. *Los científicos evalúan el daño tras huracanes en bosques* [blog]. 2018. [Consulta: 27 julio 2021]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2018/04/huracanes-en-bosques-tropicales/>.

SANTÍAS, Isabel. *El ciclo del carbono: qué es, cómo funciona y su importancia.* [blog]. 2020. [Consulta : 7 julio 2021]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/el-ciclo-del-carbono-que-es-como-funciona-y-su-importancia-2999.html>.

SUÁREZ TAMAYO, Susana; & MORENO ESQUIVEL, Enrique. “*El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente*”. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* [En línea] 2014. (Cuba) 52(3), pp.357-363. [Consulta: 6 julio de 2021]. ISSN 1561-3003. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300008

TORO RINCÓN, Aimara. RELACIÓN ENTRE LOS USOS DE SUELO Y LOS MACROINVERTEBRADOS RELACIÓN ENTRE LOS USOS DE SUELO Y LOS MACROINVERTEBRADOS RÍO QUEVEDO, ECUADOR [En línea] (Trabajo de Titulación). (Tesis de Grado). Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Quevedo, Ecuador. 2018. pp. 8-9. [Consulta: 2021-07-26]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3075/3/T-UTEQ-0061.pdf>.

VÁSQUEZ AGUILAR, Antonio. *La ganadería y la pérdida de la biodiversidad* [blog]. Mexico: 2020. [Consulta: 28 julio 2021]. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/845-la-ganaderia-y-la-perdida-de-la-biodiversidad>.

VILLAREAL, Yomayra. 2015. slideshare. *Indicadores del Ph.* [En línea] 9 de Julio de 2015. [Citado el: 19 de Diciembre de 2021.] <https://es.slideshare.net/yomismtz/indicadores-del-p-h>.

YESCAS CORONADO, Juan. “Variabilidad Espacial del Carbono Orgánico e Inorgánico del Suelo en la Comarca Lagunera, México”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* [En línea], 2018, (México) 70(3), pp. 591-610. [Consulta: 16 enero de 2022]. ISSN 1405-3322. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v70n3/1405-3322-bsgm-70-03-591.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, ROTULADO Y ETIQUETADO.



ANEXO B: SECADO Y TAMIZADO DE LAS MUESTRAS.



ANEXO C: DETERMINACIÓN DEL PH, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y COLOR.



ANEXO D: DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA.



ANEXO E: TABLA DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE MO Y CO.

RESERVAS DE CARBONO DEL BOSQUE DE RIBERA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS											
MACRO 6 CEBADAS											
#	Nombre	P. Crisol	P.Suelo	Crisol + Suelo estufa	Crisol + Suelo mufla (360°)	Peso muestra seca, luego de estufa 24h, 105° ("sin humedad")	Materia orgánica (g)	Materia orgánica (%)	Densidad Aparente (g/cm3)	Carbono orgánico (g)	Carbono orgánico (%)
1	Punto 1	27,2524	5,0085	32,1445	32,0762	4,8921	0,0683	1,4	0,0021	0,04	0,81
2	Punto 2	23,7842	5,0073	28,6877	28,5927	4,9035	0,0950	1,9	0,0033	0,06	1,12
3	Punto 3	26,5092	5,0055	31,3943	31,2921	4,8851	0,1022	2,1	0,0033	0,06	1,21
4	Punto 4	26,8273	5,004	31,6961	31,5815	4,8688	0,1146	2,4	0,0036	0,07	1,37
5	Punto 5	26,6984	5,0032	31,5877	31,4923	4,8893	0,0954	2,0	0,0030	0,06	1,13
6	Punto 6	26,2877	5,0042	31,1722	31,0949	4,8845	0,0773	1,6	0,0025	0,04	0,92
7	Punto 7	38,4897	5,0036	43,3671	43,2769	4,8774	0,0902	1,8	0,0021	0,05	1,07
8	Punto 8	30,2703	5,0074	35,1664	35,0901	4,8961	0,0763	1,6	0,0022	0,04	0,90
9	Punto 9	26,7097	5,007	31,6414	31,5822	4,9317	0,0592	1,2	0,0019	0,03	0,70
10	Punto 10	26,6403	5,0051	31,5247	31,4395	4,8844	0,0852	1,7	0,0027	0,05	1,01
11	Punto 11	30,604	5,0071	35,4782	35,3767	4,8742	0,1015	2,1	0,0029	0,06	1,21
12	Punto 12	27,92	5,0052	32,7729	32,6639	4,8529	0,1090	2,2	0,0033	0,06	1,30
13	Punto 13	26,2593	5,0038	31,1016	30,9595	4,8423	0,1421	2,9	0,0046	0,08	1,70
14	Punto 14	36,4141	5,0053	41,2561	41,1454	4,842	0,1107	2,3	0,0027	0,06	1,33
15	Punto 15	28,0018	5,0025	32,8905	32,8161	4,8887	0,0744	1,5	0,0023	0,04	0,88
16	Punto 16	27,298	5,0081	32,1775	32,0808	4,8795	0,0967	2,0	0,0030	0,06	1,15
17	X	26,5982	5,0062	31,4882	31,3878	4,89	0,1004	2,1	0,0032	0,06	1,19
18	Z	26,5194	5,0036	31,4043	31,3073	4,8849	0,0970	2,0	0,0031	0,06	1,15
19	L	36,6185	5,009	41,5075	41,4135	4,889	0,0940	1,9	0,0023	0,05	1,12
20	□	27,9794	5,0069	32,8705	32,7937	4,8911	0,0768	1,6	0,0023	0,04	0,91
21	▣	22,8582	5,004	27,743	27,6475	4,8848	0,0955	2,0	0,0035	0,06	1,13
22	Aleatorio	29,8105	5,0031	34,6972	34,6058	4,8867	0,0914	1,9	0,0026	0,05	1,08
23	Todos	24,5683	5,0075	29,4513	29,3695	4,883	0,0818	1,7	0,0028	0,05	0,97

ANEXO F: TABLA DEL PH, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y COLOR.

RESERVAS DE CARBONO DEL BOSQUE DE RIBERA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS					
MACRO 11 YASEPÁN					
#	NOMBRE	PH	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	COLOR	
				CÓDIGO	DENOMINACIÓN
1	Punto 1	6,51	52,8	10 YR - 2/2	very dark brown
2	Punto 2	6,55	53,5	10 YR - 3/1	very dark gray
3	Punto 3	6,48	59,5	10 YR - 3/2	very dark grayish brown
4	Punto 4	6,61	49,4	7.5 YR - 2,5 / 1	black
5	Punto 5	6,4	61,3	7.5 YR - 2,5 / 1	black
6	Punto 6	6,18	96,1	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
7	Punto 7	6,52	41,9	7.5 YR - 2,5 / 1	black
8	Punto 8	6,14	37	7.5 YR - 2,5 / 1	black
9	Punto 9	6,39	37,5	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
10	Punto 10	6,52	95,7	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
11	Punto 11	6,5	41,3	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
12	Punto 12	6,63	51,1	7.5 YR - 2,5 / 1	black
13	Punto 13	6,51	45,7	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
14	Punto 14	5,55	39	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
15	Punto 15	6,72	65,4	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
16	Punto 16	6,6	73,3	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
17	X	6,54	50,1	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
18	Z	6,35	44,1	7.5 YR - 4 / 1	dark gray
19	L	6,52	59,7	7.5 YR - 4 / 1	dark gray
20	□	6,28	42,8	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
21	▣	6,3	42,5	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
22	Aleatorio	6,03	46,2	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray
23	Todos	6,16	48,5	7.5 YR - 3 / 1	very dark gray

ANEXO G: CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA.



esPOCH | Dirección de Bibliotecas y Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 02 / 03 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Daniel Esteban Tovar Guarochico</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
Título a optar: <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION ECBC/CE, l=QUITO, serialNumber=0000021485, cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.03.02 16:52:22 -05'00'



0332-DBRA-UTP-2022