



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE QUÍMICA

“RESPIRACIÓN EDÁFICA DE LOS SUELOS DE PÁRAMO DE PUNGALÁ-SUB CUENCA RÍO CHAMBO.”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

QUÍMICA

AUTORAS: JENNYFER CRISTINA ABARCA YÁNEZ

ANA LUCÍA ZUMBA MALIZA

DIRECTORA: Ing. PhD. NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL

RIOBAMBA-ECUADOR

2021

©2021, Jennyfer Cristina Abarca Yáñez y Ana Lucía Zumba Maliza.

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.

Nosotras, **Jennyfer Cristina Abarca Yáñez** y **Ana Lucía Zumba Maliza**, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 10 de Agosto del 2021



Jennyfer Cristina Abarca Yáñez

CI: 060576432-3



Ana Lucía Zumba Maliza

CI: 180478323-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE QUÍMICA

El tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular:
Tipo: Proyecto de Investigación, **RESPIRACIÓN EDÁFICA DE LOS SUELOS DE PÁRAMO DE PUNGALÁ-SUB CUENCA RÍO CHAMBO**, realizado por las señoritas: **Jennyfer Cristina Abarca Yánez y Ana Lucía Zumba Maliza**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sofía Carolina Godoy Ponce Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021/08/10
Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval PhD. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021/08/10
Dra. Magdy Melani Echeverría Guadalupe PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021/08/10

DEDICATORIA

Dedico desde lo más profundo del corazón este trabajo a mi madre, que con su apoyo incondicional hizo posible la culminación de mis estudios. Su bendición me permite seguir el camino correcto y sentirme afortunada. Por esto le entrego este trabajo como símbolo de mi amor y agradecimiento. Gracias, madre mía por ser mi estandarte.

Jennyfer

Esta investigación la dedicó a mis padres Antonio y Angelita, por el sacrificio que han realizado a lo largo mi vida estudiantil, lo cual, me ha permitido cumplir uno de mis sueños. A mis hermanos Víctor, Roberto y Gloria que gracias a su apoyo incondicional durante este proceso de aprendizaje me ha servido de mucho, pues, gracias a sus consejos y palabras de aliento me ha facilitado cumplir esta meta.

Ana Lucía

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, por ser mi luz y guía durante el transcurso de mi vida. A mis padres Carmen y Rafael por su apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera universitaria, por ser el eje fundamental y ejemplo claro en mi vida. A mis hermanos Viviana y Juan por sus consejos, cuidados y motivación para seguir adelante a pesar de todas las dificultades que se nos han presentado. A mi gran amor Jairo por su apoyo, fortaleza y paciencia en todo momento.

A mis docentes Norma Erazo y Magdy Echeverría por adentrarnos en el mundo de la investigación y guiarnos con sus conocimientos para la culminación del trabajo de titulación.

A quienes conforman el Grupo de Investigación de Cambio Climático y Ambiente de la ESPOCH por su paciencia, amistad y sincera colaboración al impartirnos sus conocimientos y experiencias.

A Anita, la persona que se convirtió en una gran amiga y compañera de trabajo con quién he pasado momentos que no serán olvidados.

Jennyfer

Agradezco a Dios por haberme brindado salud y vida para poder culminar mis estudios universitarios.

A mis padres por todo el esfuerzo realizado, por su apoyo y confianza suficiente para no decaer en los momentos difíciles.

A mis hermanos, que siempre han estado al pendiente de mí, guiándome y brindándome consejos para llegar a hacer una profesional.

A Luis, una gran persona quien siempre me motivo y brindo su apoyo incondicional.

Al GIDAC ESPOCH por haberme permitido realizar el trabajo de investigación y a la vez, por compartirme sus conocimientos necesarios para llevar a cabo este trabajo.

A los docentes de la carrera de Química por guiarme y compartirme sus conocimientos. De igual forma, agradezco a la Ing. Norma Erazo y Dra. Magdy Echeverría que gracias a sus consejos y correcciones se puedo llevar a cabo este trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos con quienes me he topado a lo largo de la carrera, en especial a Jennyfer, quien a más de ser una compañera se ha convertido en una gran amiga con la que sin duda alguna se ha compartido buenas experiencias.

Ana Lucía

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1.	Antecedentes.....	5
1.2.	Bases teóricas.....	8
1.2.1.	<i>Páramos</i>	8
1.2.2.	<i>Páramos en el Ecuador</i>	8
1.2.3.	<i>Tipos de Páramos en el Ecuador</i>	9
1.2.4.	<i>Representatividad de los páramos en Ecuador</i>	10
1.2.5.	<i>Páramos de Chimborazo</i>	10
1.2.6.	<i>Suelo</i>	10
1.2.7.	<i>Tipos de Suelos</i>	12
1.2.8.	<i>Actividad Microbiana</i>	12
1.2.9.	<i>Respiración edáfica</i>	13
1.2.10.	<i>Factores que influyen sobre la tasa de la respiración del suelo</i>	15
1.2.11.	<i>Factores Bióticos</i>	15
1.2.12.	<i>Factores abióticos</i>	15

1.2.13.	<i>Carbono orgánico en el suelo (COS)</i>	20
1.2.14.	<i>Secuestro de Carbono Orgánico del suelo (COS)</i>	21
1.2.15.	<i>Impacto de las actividades Antrópicas</i>	22
1.2.16.	<i>Zona de Estudio</i>	25
1.3.	Bases Conceptuales	28

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	30
2.1.	Lugar de Estudio	30
2.1.1.	<i>Localización</i>	30
2.1.2.	<i>Límites de Área de Estudio</i>	31
2.2.	Tipo de investigación	31
2.3.	Diseño de la investigación	31
2.4.	Hipótesis	32
2.4.1.	<i>Hipótesis General</i>	32
2.4.2.	<i>Hipótesis Nula</i>	32
2.4.3.	<i>Hipótesis alternativa</i>	32
2.5.	Variables	32
2.5.1.	<i>Variable Dependiente</i>	32
2.5.2.	<i>Variable Independiente</i>	32
2.6.	Técnica de Recolección de Datos	32
2.7.	Unidad de Análisis	32
2.8.	Tamaño de la muestra	33
2.9.	Selección de la Muestra	34
2.10.	Diseño Experimental	35
2.10.1.	<i>Fase de campo</i>	36
2.10.2.	<i>Fase de Laboratorio</i>	38

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	46
3.1.	Características Generales de los Suelos Intervenidos y no Intervenidos del Sector Pungalá.....	46
<i>3.1.1.</i>	<i>Resultados de Respiración edáfica de Zonas Intervenidas y no Intervenidas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.</i>	<i>47</i>
<i>3.1.2.</i>	<i>Resultados de las propiedades Fisicoquímicas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.....</i>	<i>49</i>
<i>3.1.3.</i>	<i>Resultados de Materia orgánica, Carbono Orgánico, Humedad y Densidad Aparente de los Suelos de Pungalá</i>	<i>54</i>
3.2.	Análisis de Respiración Edáfica en la Sub Cuenca del Río Chambo Sector Pungalá.....	57
<i>3.2.1.</i>	<i>Normalidad en los datos de Respiración edáfica</i>	<i>57</i>
<i>3.2.2.</i>	<i>ANOVA</i>	<i>58</i>
<i>3.2.3.</i>	<i>Normalidad de los residuos</i>	<i>59</i>
<i>3.2.4.</i>	<i>Varianza Constante (Homocedasticidad)</i>	<i>59</i>
<i>3.2.5.</i>	<i>Independencia de los residuos (Aleatoriedad)</i>	<i>59</i>
<i>3.2.6.</i>	<i>Prueba de Kruskal Wallis</i>	<i>60</i>
3.3.	Gráficas de efectos principales	61
<i>3.3.1.</i>	<i>Efecto del factor Zona de Intervención en los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.</i>	<i>61</i>
<i>3.3.2.</i>	<i>Efecto del factor Altitud en los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo...62</i>	
<i>3.3.3.</i>	<i>Efecto de interacción entre la zona de intervención y la altitud en los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.....</i>	<i>64</i>
3.4.	Correlación entre propiedades fisicoquímicas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.....	64
	CONCLUSIONES.....	67
	RECOMENDACIONES.....	69

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Tipos de Páramos en el Ecuador	9
Tabla 2-1:	Clasificación de Suelos Zonales.....	12
Tabla 3-1:	Clasificación de las Estructuras del Suelo.....	17
Tabla 4-1:	Características del Color del Suelo.	19
Tabla 5-1:	Limitación de la Sub Cuenca del Río Chambo	26
Tabla 6-1:	Cobertura y Usos del Suelo de Pungalá.	26
Tabla 1-2:	Límites de la Zona de Estudio (Pungalá).	31
Tabla 2-2:	Coordenadas geográficas de los conglomerados.	34
Tabla 3-2:	Diseño Experimental.	35
Tabla 1-3:	Características Generales de los Suelos Intervenidos y no Intervenidos del Sector Pungalá.....	46
Tabla 2-3:	Respiración edáfica en Zonas no intervenidas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.....	47
Tabla 3-3:	Respiración edáfica en Zonas Intervenidas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca .. río Chambo.....	48
Tabla 4-3:	Propiedades Fisicoquímicas en Zonas no Intervenidas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.....	49
Tabla 5-3:	Propiedades Fisicoquímicas de los suelos de Pungalá en Zonas Intervenidas.	51
Tabla 6-3:	Materia orgánica, Carbono Orgánico, Humedad y Densidad Aparente en Zonas no intervenidas de Suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.....	54
Tabla 7-3:	Materia orgánica, Carbono Orgánico, Humedad y Densidad Aparente en Zonas Intervenidas de Suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.	55
Tabla 8-3:	Prueba de Normalidad a los datos de respiración edáfica.....	58
Tabla 9-3:	ANOVA bifactorial.....	58
Tabla 10-3:	Prueba de Normalidad de los residuos del	59
Tabla 11-3:	Prueba para determinar homocedasticidad en los residuos.....	59
Tabla 12-3:	Prueba de Aleatoriedad de	60
Tabla 13-3:	Resultados de las pruebas de Kruskal Wallis.	60
Tabla 14-3:	Pruebas de Normalidad en propiedades físico químicas del suelo.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Ciclo del CO ₂	14
Figura 2-1.	Tabla de Munsell	19
Figura 1-2.	Ubicación geográfica de Pungalá (Zona de Estudio)	30
Figura 2-2.	Distribución del Conglomerado	37
Figura 3-2.	Determinación de textura mediante la técnica del tacto	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1.	Componentes del Suelo.....	11
Gráfico 1-3.	Respiración edáfica con respecto a la zona de intervención	61
Gráfico 2-3.	Respiración edáfica con respecto a la altitud.....	62
Gráfico 3-3.	Interacción entre la Zona de Intervención y la Altitud	64
Gráfico 4-3.	Correlación de Spearman relacionado de las propiedades fisicoquímicas de muestras de suelo de Pungalá.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** Reconocimiento de la zona de muestreo.
- ANEXO B.** Fase en laboratorio-preparación de materiales y soluciones.
- ANEXO C.** Fase de campo.
- ANEXO D.** Análisis de muestras de suelo en el laboratorio (respiración edáfica).
- ANEXO E.** Análisis de muestras de suelo en el laboratorio (parámetros fisicoquímicos).

ABREVIATURAS

BaCl₂:	Cloruro de bario
CO₂:	Dióxido de carbono
COS:	Carbono orgánico del suelo
Da:	Densidad aparente
RS:	Respiración del suelo
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura
GIDAC:	Grupo de Investigación de Cambio Climático y Ambiente
HCl:	Ácido Clorhídrico
Msnm:	Metros sobre el nivel del mar
NaOH:	Hidróxido de Sodio
pH:	Potencial de hidrógeno
µg:	Microgramos

RESUMEN

La respiración edáfica (RE) es la producción de CO₂ emanado como producto de la respiración de los organismos del suelo y es un indicativo importante del estado de fertilidad del mismo. El objetivo de esta investigación es determinar la respiración edáfica (RE) de los suelos intervenidos y no intervenidos de páramo de Pungalá Sub Cuenca Río Chambo y su relación con las características fisicoquímicas de suelo (Densidad aparente, pH, Conductividad eléctrica, carbono orgánico, color y textura). Se muestrearon 7 conglomerados correspondientes a zonas intervenidas y 5 a zonas no intervenidas mediante el método de cuarteo establecido en el Manual de campo 2012 del Programa de Naciones Unidas. Las muestras para respiración edáfica se tomaron a profundidades de 0-15 cm y de 0-30 cm para las características fisicoquímicas del suelo. Los ensayos de respiración edáfica se realizaron por triplicado mediante el método volumétrico de Titulación ácido-base y para las propiedades fisicoquímicas del suelo se empleó la metodología establecida por GIDAC. Para el análisis de los resultados se utilizaron pruebas no paramétricas con el software RStudio 4.1.0 determinándose que, los suelos de Pungalá en las zonas no intervenidas presentan una mediana mayor de RE (0.13 ug CO₂-C/g por hora) que en zonas intervenidas (0.07 ug CO₂-C/g por hora), las propiedades fisicoquímicas presentaron una correlación débil para la densidad aparente (0,13), pH (-0,17) y carbono orgánico del suelo (-0,096). Sin embargo, para la conductividad eléctrica presentó una correlación alta (0,26). Se acepta la hipótesis: existe diferencia significativa en la cuantificación de la respiración edáfica en zonas intervenidas y no intervenidas de los suelos de la Sub cuenca del río Chambo sector Pungalá y la propiedad fisicoquímica más influyente fue la conductividad eléctrica. Se recomienda realizar investigaciones periódicas de la respiración edáfica de los Suelos de Chimborazo para conocer el estado y manejo del suelo.

Palabras Claves: < PUNGALÁ>, < SUB CUENCA RÍO CHAMBO>, < RESPIRACIÓN EDÁFICA >, < ACTIVIDAD MICROBIANA >, < SUELOS >, < PÁRAMOS>.

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por
LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.07.09 10:40:43
-05'00'



1344-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the edaphic respiration (ER) of the intervened and non-intervened soils of the Pungalá moorland, river Chambo sub-basin and its relationship with the physicochemical characteristics of the soil (Apparent density, pH, electrical conductivity, organic carbon, colour, and texture). 7 aggregates corresponding to intervened areas and 5 to non-intervened areas were sampled using the quartering method established in the United Nations Program Field Manual 2012. The soil respiration samples were taken at a depth of 0-15 cm and 0-30 cm for the physicochemical characteristics of the soil. Edaphic respiration tests were performed in triplicate using the acid-base titration volumetric method, and for the physicochemical properties of the soil, it was used the methodology established by the Research and Development Group for the Environment and Climate Change (GIDAC). For the analysis of the results, non-parametric tests were used using the RStudio 4.1.0 software, determining that the soils of Pungalá in the non-intervened areas present a higher median RE (0.13 ug CO₂-C/g per hour) than in areas intervened (0.07 ug CO₂-C/g per hour), the physicochemical properties presented a weak correlation for the apparent density (0.13), pH (-0.17) and soil organic carbon (-0.096). However, for electrical conductivity, it presented a high correlation (0.26). The hypothesis, there is a significant difference in the quantification of edaphic respiration in intervened and non-intervened areas of the soils in the sub-basin of the river Chambo in Pungalá and the most influential physicochemical property was electrical conductivity is accepted. It is recommended to carry out periodic investigations of the soil respiration of the Chimborazo Soils to know the state and management of the soil.

Keywords: <SUB-BASIN RIVER CHAMBO>, <EDÁPHIC RESPIRATION>, <MICROBIAL ACTIVITY>, <SOILS>, <PÁRAMOS>, <PUNGALÁ (PARISH)>

INTRODUCCIÓN

La respiración del suelo es la producción total de CO₂, por unidad de área y tiempo, producida por la respiración de organismos edáficos, raíces y micorrizas, y en menor extensión, a la oxidación bioquímica de compuestos de carbono. La importancia de la respiración edáfica radica en que es un proceso reconocido como la principal fuente de flujo de carbono procedente desde la superficie del suelo y uno de los componentes más importantes dentro del ciclo del carbono en los ecosistemas terrestres (Vásquez et al., 2013: p. 175-176).

La materia orgánica activa, que representa alrededor del 10-20% de la materia orgánica total del suelo, está constituida por la microbiota responsable de los procesos de descomposición de los substratos orgánicos (fracción lábil) y de la resíntesis de sustancias que dan origen a otros productos metabólicos como mucílagos, gomas, ácidos, enzimas, polisacáridos extracelulares y por supuesto de CO₂. De tal manera, que la medición del CO₂ respirado es una estimación de la actividad y, por lo tanto, de la presencia microbiana; tal actividad varía en función de diferentes factores como: el uso del suelo, mineralogía, cobertura vegetal, prácticas de manejo, calidad de los residuos que entran en ese sistema, entre otros (Mora, 2006, p. 1).

Los suelos constituyen el principal reservorio de carbono de los ecosistemas terrestres que conocemos, sin embargo, diversas actividades humanas como la explotación pecuaria, crecimiento de la frontera agrícola, inadecuado manejo de los cultivos, entre otras. Revierten el flujo de carbono convirtiéndose en una fuente importante de emisiones de CO₂ (respiración del suelo). Por ello, es importante estudiar la respiración del suelo ya que muchas veces los pobladores no tiene suficiente información sobre los efectos adversos que puede producir un mal uso del suelo sobre la respiración del mismo. Además, pequeños cambios en esta influyen de gran manera en la concentración del carbono atmosférico y el balance calórico de nuestros suelos.

El ecosistema páramo forma parte de una notable biodiversidad en lo que concierne a ecosistemas existentes en el Ecuador. Dichos ecosistemas se forman gracias a tres factores principales como: la situación ecuatorial, la presencia de la cordillera de los Andes y otras sierras menores, la existencia de una fuente húmeda amazónica y de varias corrientes frías y cálidas frente a las costas (Caranqui et al., 2010: p. 1)

Estos bellos paisajes cumplen funciones irremplazables como: almacenar carbono en mayor proporción a otros ecosistemas gracias a la concentración de materia orgánica en sus suelos, gran

fuelle de agua dulce que permite la supervivencia de los seres vivos , los suelos son ideales para recoger, filtrar y regular el agua que llega por lluvias, neblinas y deshielos, albergar gran variedad de especies (alrededor de 1524 que nos convierten en el país con la flora más diversa en la región andina pese a su tamaño), entre otras. Estas propiedades únicas hacen de estos bellos lugares privilegiados, fuentes para investigaciones científicas que son escasas en nuestro país.

Por lo expuesto anteriormente, esta investigación tuvo como objetivo cuantificar la respiración edáfica en suelos de la Sub Cuenca del Río Chambo sector Pungalá de acuerdo a la actividad antrópica para evidenciar la influencia de las actividades antrópicas que refleja la vitalidad del suelo. Además, se midieron las propiedades fisicoquímicas para relacionarlos con la cantidad de CO₂ emitido.

De la superficie total de la zona de estudio (parroquia Pungalá), aproximadamente el 65% corresponde al páramo y según un estudio realizado por (GAD Parroquial Pungalá ,2015, p. 41) las principales actividades antrópicas que afectan el suelo y los recursos naturales son: el laboreo intensivo, el uso indebido de agroquímicos, la acumulación de basura inorgánica, la quema de páramos, entre otros. Ello se ha constituido de los asuntos más conflictivos dentro de estas comunidades de páramos aledaños.

Una de las alternativas que ayudan a su conservación, es el análisis de sus suelos para identificar el grado de afectación producido por las actividades antrópicas. En esta investigación se estudian propiedades físico-químicas (pH, conductividad, color, textura y densidad) y biológicas (respiración edáfica) de suelos de páramo intervenidos y no intervenidos por el hombre. Los resultados obtenidos brindarán información a ser considerada en planes de protección y recuperación de estos suelos.

FÓRMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo varía la cuantificación de la respiración edáfica en la Subcuenca de Río Chambo sector Pungalá de acuerdo a la actividad antrópica realizada en la zona?

JUSTIFICACIÓN

La investigación tiene como objetivo cuantificar la cantidad de CO₂ en zonas intervenidas y no intervenidas en suelos de la Subcuenca del Río Chambo del sector Pungalá como medida de la actividad microbiana. Se lo realizó en estas dos zonas para tener una referencia de la influencia que tienen las prácticas agrícolas en el suelo en comparación de zonas en las que no existe ningún tipo de intervención por parte del hombre (Mendoza, 2014).

Es importante conocer este tipo de información ya que las investigaciones realizadas sobre respiración edáfica en los páramos de Chimborazo y el Ecuador en general es escasa y esto impide que se promulguen leyes para mejorar las prácticas agrícolas ya que de esto depende mayoritariamente la conservación de nuestros suelos.

La información sobre la respiración del suelo permite conocer la actividad microbiana que se da en el mismo, y esta es esencial debido a que la comunidad microbiana lleva a cabo funciones ecológicas indispensables que determinan en gran medida la sustentabilidad a largo plazo de los agroecosistemas (Mendoza, 2014).

Además, se puede mencionar que la máxima expresión del funcionamiento y vitalidad del suelo es su respiración. Por estas razones esta investigación contribuirá a la ciencia ya que se tendrá mayor información de la situación y estado de los suelos de los páramos de Pungalá subcuenca río Chambo, con el fin de fundamentar el cuidado del páramo y las buenas prácticas agrícolas para promover un empoderamiento entre los habitantes de la zona aledañas a este ecosistema frágil.

El presente trabajo auspiciado por el GIDAC se desarrolla bajo el proyecto de investigación Soil Organic Carbon Evaluation and Secuestration in Ecuadorian Paramo Ecosystems financiado por el IDI (Instituto de Investigación de la ESPOCH).

OBJETIVOS

General

Determinar la respiración edáfica en los suelos intervenidos y no intervenidos de páramo de Pungalá Sub cuenca río Chambo.

Específicos

- Cuantificar el CO₂ emitido en zonas intervenidas en suelos de la subcuenca del río Chambo sector Pungalá.
- Cuantificar el CO₂ emitido en zonas no intervenidas en suelos de la subcuenca del río Chambo sector Pungalá
- Identificar los factores que afectan a la respiración edáfica del suelo de la subcuenca del río Chambo sector Pungalá.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

La respiración edáfica del suelo (RE) posee un papel importante en el ciclo del C, lo cual contribuye a la producción de CO₂, razón por la cual, es importante identificar los cambios que alteran las poblaciones microbianas, es decir, las tasas de respiración del suelo. Existen pocos estudios centrados en la cuantificación de la respiración edáfica del suelo en bosques urbanos, por tal razón es esta investigación determinaron la producción de CO₂ microbiano del suelo de seis zonas con diferente cobertura arbórea en un bosque de *Abies religiosa* (0, 100, 170, 180, 240 y 310 cm²) y su relación con las propiedades del suelo en el Magdalena Cuenca del río en la Ciudad de México. En cada zona se estableció una parcela de 25 × 25 m, se obtuvo el área basimétrica y se identificaron las especies arbustivas y herbáceas, se recolectaron suelos para medir el CO₂ liberado por la biomasa microbiana (bacteriana y fúngica). También se midieron el contenido de humedad gravimétrica, la densidad aparente, el pH, el C y N totales. Los datos obtenidos en la fase del laboratorio, indicó que el CO₂ de la biomasa fúngica fue más alto que el bacteriano; los valores más altos se observaron en la época de lluvias. Se encontró una relación lineal positiva entre el CO₂ y el contenido de humedad, la densidad aparente, el pH y la relación C / N. Los suelos de sitios que se encuentran en etapas tempranas de regeneración natural con menor área basimétrica producen una alta liberación de CO₂. Las propiedades de la vegetación y del suelo influyeron en la actividad microbiana (Guzmán et al., 2020).

Con la finalidad de verificar el estado de las propiedades dinámicas que presenta el suelo de la Universidad de Sucre (Colombia), realizaron un estudio tomando en cuenta cuatro suelos de diferente uso para la cuantificación de respiración edáfica, de esta manera ha sido considerado: vegetación nativa, *Hura crepitans*, pasto y *Tectona grandis*. Sin embargo, existe un limitante para la respiración edáfica, como es la materia orgánica en el suelo. De tal manera, que a mayor cantidad de materia orgánica favorece un mayor desarrollo de los microorganismos presentes en el suelo y a la vez, favorece la respiración edáfica del suelo (RE). Así, la RE no se relacionó netamente con la temperatura del suelo, en cambio la humedad del suelo puede considerarse como la segunda limitante de la RE, formándose “rangos de optimización” para la RE, cuando sus valores se encuentran en el rango la RE se ve favorecida, pero, cuando están por encima o por debajo del rango se ve reducida. Dentro de las medias mensuales de respiración en los cuatro usos

de suelo, en la vegetación nativa fue mayor ($61.9 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$), seguido de *Hura crepitans* ($58.7 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$), Pasto ($55.6 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$) y *Tectona grandis* ($54.2 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$), estas diferencias se dieron por las características que presenta cada suelo y por la temperatura a la que están expuestas las mismas. La RE acumulada resulto tener una relación lineal directa con respecto al tiempo en los cuatro usos de suelo. La tasa anual de RE, con base a la RE acumulada, se estimó entre 295.7 y $296.5 \text{ mol CO}_2/\text{m}^2$ en el área con vegetación nativa de la región, 285 y $285.8 \text{ mol CO}_2/\text{m}^2$ en *H. crepitans*, 268.9 y $269.6 \text{ mol CO}_2/\text{m}^2$ en pasto, y 265.7 y $266.4 \text{ mol CO}_2/\text{m}^2$ en *T. grandis* (Martínez, 2017).

“Evaluación de la calidad de los páramos” indica la evaluación del estado actual de los suelos del páramo de la comuna Monjas Bajo, esta zona fue dividida tanto en zonas con intervención antrópica y zonas libres de intervención. En cada área realizaron análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos. De esta manera, la cuantificación del contenido de materia orgánica muestra valores propios de un páramo (11, 33% en suelo sin intervención y 10,43% en suelo intervenido). Al analizar todos los resultados brindados en la fase de laboratorio indicó que tanto zonas intervenidas como no intervenidas, mostraban un comportamiento similar en la mayoría de los indicadores evaluados, diferenciándolos únicamente en la densidad aparente. Lo cual, demuestra que las actividades humanas sobre el páramo de la comuna provocaron cambios mínimos en los suelos, a pesar de los cuales los suelos en estudio siguen manteniendo características propias de suelos de páramos (Cárdenas, 2015).

Un estudio realizado por (Durango et al., 2015) con la finalidad de evaluar algunas características tanto microbiológicas como bioquímicas del suelo, se realizó un estudio comparativo entre 3 sistemas de manejo del suelo en Ultisoles, ubicado en Grano de Oro (Costa Rica). Los sistemas de manejo de suelo son: 2 agroecosistemas, café, café-banano y bosque. En cada finca se colectaron 4 muestras compuestas de suelo, a las cuales se les cuantifico la respiración del suelo, la biomasa microbiana y actividad de la enzima fosfatasa. En los suelos del bosque la biomasa microbiana fue estadísticamente superior (423 mg C kg^{-1}) comparada con la de los agroecosistemas café y café-banano (77 y 111 mg C kg^{-1} respectivamente). La respiración microbiana no presentó diferencias (580 , 560 y $570 \mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1}.\text{día}^{-1}$ en los sistemas café, café-banano y bosque, respectivamente). Los resultados sugieren que las condiciones del suelo en el bosque favorecen una mayor biomasa microbiana y mayor actividad de la fosfatasa, comparados con los sistemas agrícolas.

Según la investigación realizada por Yáñez Díaz et al., (2014) “La respiración del suelo (R_s) es considerada como el segundo flujo de carbono más importante, por su magnitud en los ecosistemas terrestres”. Sin embargo, el uso excesivo del mismo ha modificado el ciclo global del

carbono en ciertas zonas, lo cual ha provocado el incremento repentino del calentamiento global en todo el planeta. Por lo cual, la investigación busca evaluar las variaciones diurnas y estacionales en el flujo de CO₂ en Vertisoles bajo cuatro sistemas de uso de suelo en el noreste de México; matorral, pastizal, agrícola y plantación de *Eucalyptus* spp. Se realizaron mediciones semanales durante un año, en muestreos de mañana y tarde, con un analizador portátil EGM4; además, se midieron otros parámetros como la temperatura del suelo y su humedad. Así, lograron determinar la variabilidad de flujo de respiración edáfica, donde el flujo de RE por la mañana fue de 3.21 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (agrícola), seguido 3.86 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (plantación), 4.61 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (pastizal) y 6.17 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (matorral), los valores se incrementaron con la misma tendencia para la Rs de la tarde. Se determinaron diferencias significativas (P≤0.05) en los usos de suelo y hora de muestreo. La temperatura osciló de 12 °C a 35.4 °C y la humedad del suelo en valores de 6.9 % a 47 %. En Vertisoles, las emisiones de CO₂ varían según su uso, los más altos se presentan en la tarde y correlacionado con la humedad. Los sistemas de matorral y pastizal presentaron los valores más altos en la RE, los cuales son más comunes en el noreste de México.

El estudio de suelos de seis zonas del departamento de Magdalena tuvo como finalidad evaluar el efecto de la emisión de CO₂ sobre los cambios de uso de suelo, estas muestras fueron divididas estadísticamente en dos grupos de tres zonas cada uno, de las cuales el primer grupo con características de precipitación anual mayor a 1200 mm y el pH del suelo cercano a neutro, mostró tasas de respiración que oscilan entre 3,08 y 4,00 μg C- CO₂.h⁻¹.G⁻¹. El segundo grupo, con precipitación de inferior a los 880 mm y los suelos en general alcalinos, mostró tasas de respiración de 0,91 a 1,93 μg C- CO₂.h⁻¹.G⁻¹. En sí, mediante esta investigación se corrobora que, a mayor tasa de respiración en los suelos cultivados, con un manejo inadecuado puede incrementar sensiblemente las emisiones de CO₂ a la atmósfera (Vásquez y Macías, 2013).

Por otra parte, estudios relacionados con carbono orgánico del suelo, bajo diferentes coberturas y de cultivo situadas en las cuencas del río Mololoa, en el Estado de Nayarit, México; se planteó 27 sitios de muestreo para su respectivo análisis. Dichas muestras fueron recogidas a una profundidad de 0-30 cm, con tres replicas cada una. Los resultados indican que el mayor contenido de Carbono orgánico se encuentra en los bosques de *Encino* con 140 mg/ ha. Mientras que el contenido de Carbono Orgánico en los pastizales, vegetación secundaria, bosques de pino, cultivos y selvas presentaron valores respectivos a 99, 83, 73, 53 y 53 mg/ ha respectivamente (Castillo et al., 2016).

Sin embargo, hasta la actualidad en el Ecuador se han encontrado pocas investigaciones detalladas en tesis de grado, involucradas con el páramo, especialmente con el suelo y las poblaciones

microbianas, por tal motivo, es importante impulsar a realizar investigaciones acerca de los suelos de los páramos andinos del Ecuador, tanto de materia orgánica como de respiración edáfica ya que estas, permitirán concientizar a la población de la importancia de conservar los páramos andinos de nuestro país.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Páramos

La palabra páramo proviene del latín *Parāmus*, que significa “terreno yermo, raso y desabrigado, lugar frío y desamparado” (RAE, 2014). Actualmente, según Hofstede et al., (2003, p.16) “se define como un ecosistema” que encuentran ubicado aproximadamente entre 3000 y 4500 msnm en las montañas tropicales del centro y sur América que conforma un piso altitudinal de las cordilleras de los trópicos (Díaz et al., 2005: p.64-66).

El páramo es un verdadero almacén de carbono, lo retiene en el suelo, ya que a bajas temperaturas impide que se descomponga la materia orgánica, por lo cual el carbono se acumula bajo la tierra. De acuerdo a expertos en suelos de páramos, dicen que estos suelos pueden tener una edad de diez mil años o mucho más, esto indica que el suelo es todavía joven y durante ese lapso de tiempo, el suelo va acumulando carbono (Vargas y Velasco, 2011: p.44).

Según (Vásconez et al., 2001) Son considerados de gran riqueza ecológica y económica para los pobladores ya que las grandes ciudades dependen netamente de los páramos para el suministro de agua. El páramo como tal, alberga muchas especies de especies endémicas, adaptadas a condiciones fisicoquímicas y climáticas. A la vez, la vegetación que abarca estos páramos consiste primordialmente en pajonales, rosetas, arbustos pequeños y musgos (Vásconez et al., 2001, p.25).

Por lo general los suelos de páramo son de origen volcánico y se caracterizan por ser húmedos y ácidos, con pH entre 3,9 y 5,4. De igual manera estos suelos son ricos en humus, dentro de las características de estos suelos se encuentra un color pardo oscuro o negro, con un espesor que varía de centímetros a metros. Así mismo, la descomposición de la materia orgánica en el páramo, ocurre a bajas tasas debido a la baja temperatura y a la alta humedad (Díaz et al., 2005, p.65).

1.2.2. Páramos en el Ecuador

En América Latina la alta montaña es un paisaje que integra: el piso glaciar de las cúspides de los nevados y de los volcanes de gran altura de la Cordillera de los Andes. Por debajo de él se ubica una franja periglacial, casi desértica, conocida como arenal hacia donde, lentamente, van ascendiendo las especies más resistentes de los páramos (Camacho, 2014, p.79).

En Ecuador, el páramo se extiende a lo largo de las zonas altas de la Cordillera de los Andes. El límite inferior varía dependiendo de factores como el clima, el tipo de suelo y el grado de intervención humana (Vásconez et al., 2001, p.26). De acuerdo, con estudios actualizados, la superficie ocupada por páramos del Ecuador ocupa alrededor de 12.650 Km², es decir, el 5% del territorio Ecuatoriano y aunque al momento no se conoce datos exactos un 10% de la flora de Ecuador puede estar presente allí (Vásconez et al., 2001, p.26).

El Ecuador ocupa una posición geográfica intermedia entre estos polos y sus praderas naturales de altura. De tal forma, que el páramo en el país se ubica en los 3200 y los 4700 msnm (límite inferior del piso glaciario o gélido). Además, la mayoría de los páramos en el Ecuador son húmedos, sobre ellos caen entre 500 y 2000 mm de precipitación anual. Sin embargo, la cordillera central recibe más lluvias que la Occidental (Camacho, 2014, p.79).

1.2.3. Tipos de Páramos en el Ecuador

Tabla 1-1: Tipos de Páramos en el Ecuador

Tipo de Páramos	Características
Páramos Húmedos	Ubicados en la Amazonía, donde los pajonales son reemplazados por otras herbáceas como el bambú enano <i>Neurolepis aristata</i> y varias formadoras de almohadillas.
Páramos secos sobre arenales	Ubicado especialmente alrededor del Chimborazo, donde la paja más común (<i>Calamagrostis intermedia</i>) es reemplazada en gran parte por <i>Stipa ichu</i> .
Superpáramo	Ubicados en las montañas más altas, donde pocas especies vegetales pueden sobrevivir a las condiciones edáficas y climáticas sobre los 4200 metros
Superpáramos azonales	Ubicados en los lahares del Cotopaxi y el Antisana, con una vegetación en sucesión temprana que, a elevaciones mucho menores, evoca los superpáramos verdaderos.
Páramo arbustivo endémico	Ubicado Parque Nacional Podocarpus en el Sur del país.

Fuente: Mena y Hofstede, 2006.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

Los suelos de los páramos en Ecuador son una de las características más sobresalientes, especialmente por la significación que han adquirido en los últimos tiempos como los

mantenedores primarios del servicio ambiental máspreciado del páramo (Mena y Hofstede, 2006, p. 94).

1.2.4. Representatividad de los páramos en Ecuador

El área total de páramos en el Ecuador asciende a 1'390.135 Ha, este valor incluye a los pajonales, bofedales y vegetación geliturbada. Sumando también los bosques mixtos (incluyendo los de *polylepis*) se llegaría a un total de 2'386.500 Ha, siendo este dato poco sobreestimado debido a que el límite natural entre los bosques andinos y los de páramo son difíciles de ser mapeados. Estos valores indican que los páramos respecto al territorio nacional representan el 5% y el 8% respectivamente. Este ecosistema toma radical importancia ya que se encuentra en 17 de las 24 provincias de nuestro país, siendo las principales: Napo, Azuay y Chimborazo (Beltrán, 2011, p.7-8). En cuanto a representatividad de los páramos en las áreas protegidas, aproximadamente el 33% se encuentra protegidos. Sin embargo, se nota que no toda la biodiversidad paramuna se encuentra representada en ese porcentaje (Beltrán, 2011, p.7-8).

1.2.5. Páramos de Chimborazo

Chimborazo es una de las provincias con mayor superficie de páramos en el país, cuenta con 299.827 hectáreas (Telégrafo, 2014). Sin embargo, actualmente el área total de los páramos en la provincia de Chimborazo ha disminuido debido a las prácticas agrícolas y ganaderas realizadas por el hombre (González, 2019, p.1-2).

Así mismo, los páramos de Chimborazo, al igual que la mayoría de los páramos presentes en el país, poseen suelos negros lo cual indica que presentan una importante capa de materia orgánica, misma que presenta una gran importancia vital, no solo para la productividad del suelo, sino también para los procesos de infiltración y la regulación hídrica (Bustamante et al., 2011, p.15). Lo cual facilita el desarrollo de especies de flora y fauna que no crecen en otras zonas (Telégrafo, 2014).

1.2.6. Suelo

Es la capa superficial que recubre la corteza terrestre, sobre él crecen las plantas, de él se extrae agua y sustancias nutritivas que les permite crecer. Así mismo, en el suelo las raíces encuentran el aire necesario para vivir (Ministerio del Ambiente, 2017, p.17). El suelo proviene de la meteorización tanto física como química de la roca preexistente y sobre él se asienta todo tipo de vida (Ortega y Grisolia, 2012: p.1-2). Con este enfoque los suelos deben considerarse como formaciones geológicas naturales desarrolladas bajo condiciones muy diversas de clima y de materiales de origen, lo cual justifica su continua evolución (Navarro y Navarro, 2003: p.15-20).

Fassbender y Bomemisza (1987, p.7) “El suelo es un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y materia orgánica diferenciándose en capas y horizontes que suministra en parte los nutrientes y el sostén que necesitan las plantas”. De allí, parte la importancia del suelo puesto

que, cumple una función importante en cada organismo vivo (Navarro y Navarro, 2003, p.15). Sin embargo, el suelo, al formar parte de la biosfera, está poblado por organismos por ende, el suelo respira, nitrifica y origina humus (Navarro y Navarro, 2003, p.16).

1.2.6.1. Composición del suelo

El Suelo está formado por restos de roca meteorizada, materia orgánica en descomposición y huecos que esan llenos de aire o agua (Fernández, 2008, p.378).

Según Rosa (2008, p.54) los componentes del suelo se pueden agrupar en cuatro elementos básicos: minerales, agua, aire y material orgánico.

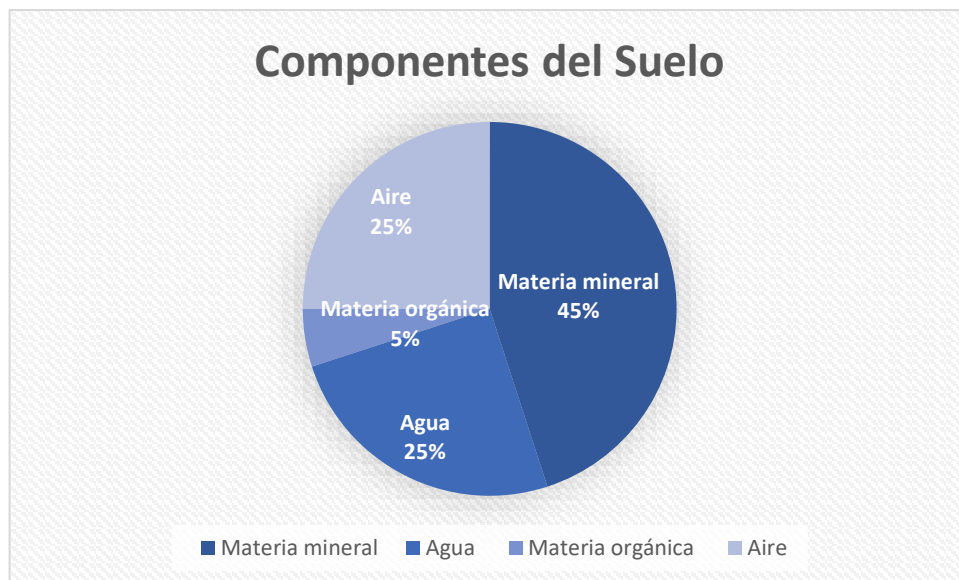


Gráfico 1-1. Componentes del Suelo

Realizado por: Abarca J., Zumba Ana. 2021

Los elementos minerales representan normalmente la mitad del volumen del suelo. Los elementos minerales se encuentran en diferentes tamaños y suelen ser clasificados de mayor a menor, como arena, limo o arcilla. De esta manera, la composición mineral del suelo permite determinar las propiedades físicas del suelo y es acondicionado por las diferentes formas de vida presentes (Rosa, 2008, p.55).

El agua, representa un cuarto del volumen del suelo, aunque la cantidad exacta puede variar en función de la estación del año y del tipo del suelo. Com muy poca agua el suelo tiende a la desecación y con mucha agua tiende a la saturación (Rosa, 2008, p. 55) .

El aire, en suelos bien agregados puede representar el cuarto del volumen, conteniendo oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y carbono en forma gaseosa. Así, cuanto mayor sea el espacio poroso del

suelo, más grande será su capacidad para retener agua y aire lo que beneficia a las plantas (Rosa, 2008, p.55).

La materia orgánica, normalmente representa un apequeña porción del suelo es decir valores entre 1 y 6%, aunque en algunas excepciones puede ser mayor (Rosa, 2008, p. 55). Este componente esta formado por: Materia orgánica no viva, derivada del desarrollo, reproducción, muerte y descomposición de plantas, animales y microbios existentes en el suelo. Variedad de fauna y flora viva a la que se conoce como biota del suelo y raíces de las plantas soportadas por el suelo (Rosa, 2008, p.55).

1.2.7. Tipos de Suelos

Suelos Zonales: son suelos característicos de distintas zonas climáticas. Se presentan en amplias zonas de gran continuidad geográfica (Fernández, 2008, p.380).

Tabla 2-1: Clasificación de Suelos Zonales

Suelos Zonales	
Mollisol	<ul style="list-style-type: none"> • Son típicos de zonas polares. • Presentan un desarrollo de horizontes muy pequeños.
Podsol	<ul style="list-style-type: none"> • Son típicos de zonas frías • Desarrollan los horizontes A,B y C. • La materia orgánica se acumula en el horizonte B y en la zona más superficial del A.
Chernozem	<ul style="list-style-type: none"> • Son típicos de zonas templadas. • La materia orgánica se acumula en el horizonte A. • El horizonte B es rico en arcillas y óxidos de hierro.
Aridisol	<ul style="list-style-type: none"> • Son típicos de zonas de clima árido. • Están poco desarrollados y son pobres en materia orgánica y en arcillas.

Fuente: Fernández , 2008.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

Suelos Azonales: son suelos que pueden aparecer en distintas zonas climáticas, pero están condicionados por otros factores como la topografía (Fernández, 2008, p.380).

Suelos Intrazonales: reflejan la influencia dominante de un factor local al bioclima (drenaje, geología, topología, entre otros) (Núñez, 1998, p.143).

1.2.8. Actividad Microbiana

De acuerdo con Thompson (1988) y Troeh (1988) Indican que la actividad microbiana “Es la actividad que los microorganismos realizan en cualquier proceso de descomposición y como resultado de este se produce CO₂”. La actividad microbiana es importante para mantener la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas. Los microorganismos del suelo conducen la biodegradación de la materia orgánica y constituyen un importante reservorio lábil de C, N y P (Álvarez et al., 2000, p.3). Por otra parte, la actividad microbiana es considerada como un factor muy importante puesto que aumenta la actividad de los microorganismos con la temperatura. Cabe mencionar que la actividad biológica tiene lugar por debajo del punto de congelación, es decir, el intervalo de temperatura de interés comienza a 0°C y a medida que va aumentando la temperatura irá incrementando la actividad microbiana hasta alcanzar los 27-30°C debido a que es la temperatura ideal para la mayoría de los microorganismos (Thompson y Troeh , 1988: p.93).

1.2.9. Respiración edáfica

La respiración edáfica del suelo (RE) se define como la producción total de CO₂, por unidad de área y de tiempo. Ocurre especialmente en suelos intactos debido a la respiración que producen los organismos edáficos. Así mismo, lo producen ciertas raíces, hifas micorrícicas y en menor extensión, la oxidación química de los compuestos de carbono (Murcia, 2012, p.3).

Según Bragado (2017) la Respiración edáfica basal es la medida de las emisiones de carbono (C-CO₂), mismas, procedentes de la descomposición de la materia orgánica y de la disolución de los carbonatos. Por otra parte, se puede considerar como una “medida de la salud del suelo ya que nos indica el nivel de actividad microbiana, así como el contenido de materia orgánica y su mineralización” (Bragado, 2017, p.2).

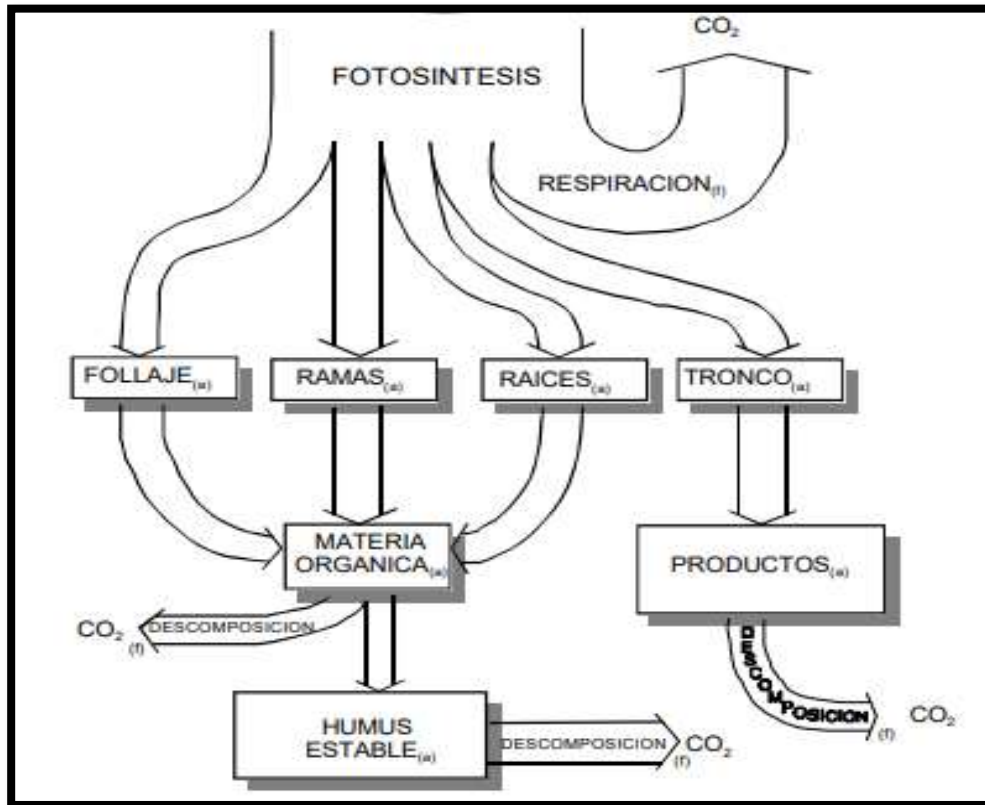


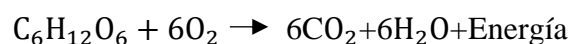
Figura 1-1. Ciclo del CO₂

Fuente: Benjamín et al., 2001

La respiración del suelo o flujo de CO₂, es un componente muy importante que corresponde al ciclo del carbono y se considera el segundo flujo de carbono más importante entre la tierra y la atmósfera (Yáñez et al., 2017, p.2). Además, la respiración del suelo constituye un evento central de los cambios ecológicos globales debido a su papel controversial en los procesos de calentamiento global ya que puede determinar si un ecosistema dado se comporta como fuente o sumidero de CO₂ (Vásquez, 2013, p.175-176).

De esta manera, “bajo condiciones aerobias la respiración genera energía a partir de la oxidación de azúcares especialmente de la glucosa u otro tipo de carbohidratos” (Thompson y Troeh, 1988, p.13).

Lo cual se indica mediante la sig. Reacción química:



En la cual, se observa que a partir de una molécula de glucosa se produce seis moléculas de dióxido de carbono y seis moléculas de agua. Por ende, la respiración del suelo esta enlazada directamente con los procesos metabólicos que proporcionan los organismos vivos que están presentes en el suelo por lo que estos organismos tienden a consumir oxígeno para producir CO₂ (Thompson y Troeh, 1988, p.13).

1.2.10. Factores que influyen sobre la tasa de la respiración del suelo

El suministro de energía es uno de los factores que afecta la actividad microbiana del suelo (Thompson y Troeh, 1988). Esto quiere decir que, la composición de los materiales orgánicos y la naturaleza de la comunidad microbiana regulan la calidad y cantidad de la materia orgánica (principal aporte de energía y de carbono), así como también ciertas variables ambientales y propiedades fisicoquímicas del suelo como son: la aireación, el aporte de agua al suelo, temperatura, pH, el suministro de nutrientes adecuados y la actividad microbiana. Todos estos factores van a variar dependiendo el uso de la tierra y la fertilidad del suelo (Anzueto y Álvarez, 2004: p.13-22).

1.2.11. Factores Bióticos

Engloba a todos los seres vivos de un ecosistema y las interrelaciones que se dan entre ellos, plantas, animales (incluido el hombre) y microorganismos. Además, comprende la estructura de la vegetación, la actividad fotosintética o desarrollo fenológico de las plantas, biomasa de raíces finas y microbiana (Murcia, 2012, p.4).

1.2.12. Factores abióticos

Los factores abióticos son los que carecen de vida y de los cuales dependen cualquier comunidad biológica, de esta manera los factores abióticos de un ecosistema son parámetros físicos o químicos que afectan a los organismos (Gallardo, 2017: p.3-5).

Los factores abióticos que influyen en un ecosistema se dan por la interacción de la temperatura, humedad y la luz. Muchos organismos están adecuados a ciertas condiciones determinados por ellos. Otros de los factores importantes son la altitud y latitud donde se encuentran los seres vivos y el tipo de suelo, así como el relieve topográfico (Parras et al., 2012, p.288).

1.2.12.1. Humedad

La humedad del suelo influye directamente en el estado fisiológico del organismo y puede limitar su capacidad para descomponer los distintos tipos de compuestos orgánicos y varía en función del tipo del suelo y la composición de la comunidad microbiana. También influye directamente sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo y al resto de organismos con los que interactúan. Por lo cual, tanto la humedad como la temperatura del suelo influyen directamente con la actividad de los microorganismos en el suelo (Parras et al., 2012, p.288).

De esta manera, si existe un incremento de la humedad (exceso de agua) puede producir una reducción en la respiración del suelo. Sin embargo, una reducción extrema puede acarrear

problemas ya que se produciría un rompimiento en los procesos de descomposición y metabolismo de microorganismos lo cual produce una reducción en la respiración del suelo (Smith et al., 1993; citado en Martínez, 2017).

1.2.12.2. Tiempo

El tiempo es un factor clave durante los procesos de degradación del suelo, puesto que de él depende que el suelo pueda recuperarse antes de que los daños sean permanentes (Llambí et al., 2012, p.183).

1.2.12.3. Temperatura

Es uno de los factores más importantes en el control del crecimiento microbiano ya que, al existir un incremento de 10°C a partir de temperaturas subóptimas puede duplicar la respiración basal y el crecimiento de las bacterias. Pero, la temperatura ideal en la cual los organismos se desarrollan adecuadamente está en un rango de 30-35 °C (USDA, 1999; citado en FAO 2009: p.100)

Cabe mencionar que la temperatura es fundamental para los microorganismos, ya que por debajo del punto de congelamiento, no existe actividad biótica, el agua no se mueve como líquido y no existe crecimiento y germinación de raíces de la mayoría de las plantas (USDA, 1999 ; citado en FAO 2009, p.100).

1.2.12.4. pH

El pH del suelo de acuerdo a FAO (2009) expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo, por tal razón, este factor afecta la disponibilidad de nutrientes y minerales para las plantas, así como a muchos procesos involucrados en el suelo. No obstante, el pH es un buen indicador del estado de fertilidad de un suelo y puede brindarnos información sobre otras propiedades del suelo (Llambí et al., 2012, p. 232).

Así mismo, el pH está fuertemente influenciado por la altitud, la precipitación y también por la mineralogía del suelo, por lo cual los suelos del páramo son ácidos debido a los ácidos orgánicos que contienen. Muchos suelos de páramo se caracterizan por su capacidad buffer, es decir presenta cierta resistencia a cambiar el pH del suelo, dentro de un determinado rango (Llambí et al., 2012, p.232).

En los suelos de páramo del Ecuador, los valores promedio de pH se encuentra dentro del rango de 5-7, aunque se han encontrado valores menores específicamente en el sur del país, con valores entre 3,9-5,8. Sin embargo en suelos del norte del país, es decir en Chimborazo, el pH se encuentra en un rango de 5,3-6,3 (Llambí et al., 2012, p.232).

1.2.12.5. Conductividad Eléctrica

Representa el contenido de sales presentes en un suelo y permite determinar la calidad y fertilidad del mismo. La presencia de estas sales reduce el potencial osmótico de la solución del suelo y la disponibilidad del agua para las plantas, aun cuando el suelo muestre niveles razonables de humedad. Los problemas de salinidad son más notorios en zonas áridas y semiáridas y esta se mide mediante la conductividad eléctrica (Palma, 2011, p.9).

1.2.12.6. Clima

(FAO, 2009a, p.21) “Las condiciones climáticas son propiedades importantes en la formación y composición del suelo”. Las características morfológicas y físicas de estos suelos están fuertemente determinadas por las condiciones climáticas y por el estado de meteorización (Llambí et al., 2012, p.186).

Por lo cual este factor es de vital importancia para los suelos, pues, tiende a afectar los materiales que se encuentren en el mismo y de él depende la degradación y meteorización de las rocas para producir materia orgánica (FAO, 2017, p.31).

1.2.12.7. Estructura

Es el arreglo, orientación y organización de las partículas del suelo. Este arreglo es complejo, así que es difícil definir una simple caracterización geométrica por lo que hasta ahora no existe un método de medir directamente la estructura de un suelo, usándose mayormente esta propiedad desde el punto de vistas cualitativo (Llambí et al., 2012, p.208). Se debe entender por partículas, no solo las que fueron definidas como fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas (Rucks et al., 2004, p.13).

Tabla 3-1: Clasificación de las Estructuras del Suelo

Tipo de Estructura	Clasificación
Según la forma y disposición de los agregados	Laminar
	Prismática Columnar
	En bloques y esferoidal
	Granular
Según el estado de agregación	Nula
	Débil

	Moderada
	Fuerte
Según el tamaño de los agregados	Muy fina
	Fina
	Media
	Gruesa
	Muy gruesa

Fuente: Fernández , 2008.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

1.2.12.8. Textura

La textura del suelo permite describir el tamaño de las partículas presentes en el mismo (Thompson y Troeh, 1988, p. 33). Todos los suelos están compuestos por fracciones y partículas minerales de diferentes tamaños, las más gruesas se denominan arenas, las medianas son los limos y las más pequeñas son las arcillas (Ciancaglini, 2009, p.2).

Además, la textura tiene que ver con el tránsito del aire, agua y raíces a través del suelo, así los materiales arenosos suelen imponer pocas restricciones a esos movimientos, mientras que los arcillosos, tienden a retrasar o impedir el paso de aire, agua o raíces (Thompson y Troeh, 1988: p.33)

Por otra parte, las arcilla y la materia orgánica son muy importantes por la capacidad de almacenar agua y nutrientes, las partículas finas pueden unirse entre sí formando así, partículas más grandes (agregados). Sin embargo, las partículas más grandes como la arena constituyen el esqueleto del suelo, a ellas se les debe la mayor parte del peso y ayudan a conseguir una buena aireación y permeabilidad. Por otra parte, los suelos arenosos son muy permeables al aire, al agua y a las raíces, pero presentan dos limitaciones como tal:

- 1) Su bajo poder de retención de agua (Thompson y Troeh, 1988: p.62).
- 2) Deficiente capacidad de almacenamiento para los nutrientes (Thompson y Troeh 1988, p.60).

Los suelos francos y franco limosos son deseados para la mayoría de los usos , ya que tienen la arcilla suficiente para retener cantidades adecuadas de agua y nutrientes que aseguran un óptimo crecimiento vegetal (Thompson y Troeh, 1988: p.62).

1.2.12.9. Color

El color del suelo se debe a los elementos cromógenos que contiene cada horizonte y al ser una propiedad fácil de observar, constituye una gran ayuda para distinguir los horizontes (Porta et al., 2019: p.165).

El color del perfil del suelo en su mayoría depende de la composición de la parte mineral y el contenido de materia orgánica (humus). Claro está, que el color del suelo se le atribuye sobre la composición de los horizontes del suelo. No obstante, en zonas tropicales y subtropicales los colores más extendidos son el rojo, amarillo, negro, gris, blanco, verdoso y azulado (Hernández et al., 2008: p. 107).

Tabla 4-1: Características del Color del Suelo.

Color	Características
Rojo y Pardos	Ocasionado por la presencia de hierro en forma de óxidos (Fe ₂ O ₃).
Amarillo	Relacionado con el hierro, pero se encuentra en forma hidratada.
Verdoso o Azul	Determinado por el contenido de hierro en forma reducida (FeO).
Negro y Gris	Relacionados con diversos contenidos de sustancias húmicas.
Blanco	Relacionado con los suelos de cuarzo y caolín.

Fuente: Hernández et al., 2008.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

Determinación de Color

El color del suelo se realiza mediante una comparación del suelo con diferentes patrones de color establecidos en las tablas Munsell (sistema de notación de color basado en una serie de parámetros) los cuales permiten obtener una gama de colores que varían de acuerdo a la matiz, brillo y croma (Ramón et al., 2010, p.4).



Figura 2-1. Tabla de Munsell

Fuente: Portalfruticola, 2016

Matiz: simboliza el color espectral puro correspondiente a una determinada longitud de onda. De tal forma, que se considera cinco colores principales (R, P, B, G, Y) y cinco intermedios (RP, PB, BG, GY, YR) que se representa por las iniciales de su nombre en inglés a excepción del color naranja que es representado por YR (yellow-red). Así mismo, cada color se asigna una graduación de cero a diez, que corresponde a la banda del arcoíris (Ramón et al., 2010: p.5).

Brillo: expresa la proporción de la luz reflejada y representa la amplitud de la radiación midiendo al fin y al cabo el grado de claridad u oscuridad. Así, para un matiz N , la pureza cero representa al negro y la diez al blanco (Ramón et al., 2010: p.5).

Croma: indica la pureza relativa del color del matiz de que se trate. La pureza cero corresponde al color gris, de manera que si la pureza se anula el matiz carece de importancia porque no existe. Por esta razón, se utiliza la letra N de neutro sin asignar valor de pureza (Ramón et al., 2010: p.5).

1.2.12.10. Densidad aparente (Da)

La densidad aparente o gravedad específica aparente es una medida común de importancia en relación entre los sólidos y los poros en un momento dado. Es decir, “es la masa de una unidad de volumen del suelo seco (105 °C)” (USDA, 1999; citado en FAO 2009, p.52). Este volumen incluye tanto sólidos como los poros así, gran parte depende del contenido de agua en los suelos que se contraen y se hinchan conforme se secan o se mojan (Forsythe, 1975, p.41).

El espacio poroso es parte del volumen de suelo medido en la densidad aparente, pero el suelo tiene que ser secado en horno en el laboratorio para sacar el agua de los poros antes de pesarlo, se expresa en las sig. unidades g/cm^3 (Casanova, 2007, p.42).

Con valores de densidad aparente por debajo de $1,3 \text{ Kg/dm}^3$ refleja condiciones porosas en el suelo, mientras que valores altos de densidad aparente indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida y cambios indeseables en la función (USDA, 1999; citado en FAO 2009: p.52-53).

1.2.12.11. Nutrientes

Los organismos están formados por materia orgánica y necesitan constantemente de nutrientes para crecer, reproducirse y regular sus funciones corporales. Los principales componentes del tejido viviente son el carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, fósforo y sulfuro (Palma, 2011, p.9).

1.2.13. Carbono orgánico en el suelo (COS)

Es el carbono contenido en las capas que conforman el suelo forestal; este suelo es originado por fragmentación de la roca madre expuesta (material parental), donde se establece un organismo vegetal, que a lo largo del tiempo va formando capas por depositación de materiales, las que al irse acumulando y compactando, almacenan una cierta cantidad de carbono misma que se incrementará por la continuidad del proceso de formación del suelo (Benjamín y Masera, 2001, p.8).

Así mismo, el carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, mismo que ocupa un 69,8 % del C orgánico de la biosfera. Sin embargo, el suelo puede actuar tanto como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo que se le atribuya al mismo (Martínez et al., 2008b: p.2). Se estima que a partir del momento en que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que oscilan entre 30 y 50% del nivel inicial (Martínez et al., 2008: p.2). Sin embargo, existen prácticas agronómicas que favorecen la captura de C en el suelo (Martínez et al., 2008, p.2)

El carbono orgánico del suelo (COS) tiende a afectar la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su: calidad, sustentabilidad y capacidad productiva, por lo cual, en un manejo sustentable, el COS debe mantenerse o aumentarse (Martínez et al., 2008: p.2-3). Sin embargo, establecer una clara relación de dependencia entre el COS y la productividad del suelo es muy complejo (Martínez et al., 2008: pp.2-3).

1.2.14. Secuestro de Carbono Orgánico del suelo (COS)

Según (Lefèvre et al., 2017: p.1-3) “Es el proceso mediante el cual el carbono se fija desde la atmósfera a través de las plantas o residuos orgánicos y se almacena en el suelo”. Así, cuando se trata de dióxido de carbono, el secuestro de COS se da mediante tres etapas: 1) la extracción del dióxido de carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis de las plantas; 2) la transferencia de carbono del dióxido de carbono a la biomasa vegetal; y 3) la transferencia de carbono de la biomasa vegetal al suelo donde se almacena en forma de COS en la reserva más lábil (Lefèvre et al., 2017, p.1).

Así mismo, según (Sandoval et al., 2003, p.3) “El COS es una fuente de alimento para la mayoría de la vida en el suelo, que a su vez sustenta a las plantas superiores que existen como parte de los sistemas ecológicos terrestres más complejos”. Por lo cual:

El COS es emitido a la atmósfera como CO₂ producto de las transformaciones oxidativas que ocurren en el suelo. El incremento del COS depende de la cantidad y calidad de los residuos, pero también del tipo de suelo inserto en una condición de clima (temperatura y humedad, entre otros) que dará la capacidad potencial con que las tasas de entrada y salida se produzcan (Sandoval et al., 2003, p.3).

1.2.15. Impacto de las actividades Antrópicas

1.2.15.1. El impacto de la quema en los páramos

La quema de los Páramos es una de las actividades humanas más conocidas y sin duda alguna la actividad que más afecta la superficie terrestre. De esta forma, existe varias razones para quemar el páramo, fundamentalmente la más importante consiste en eliminar la paja muerta para provocar rebrotes tiernos que posteriormente sirven como alimento para los animales (ganado). Seguido por la caza de animales (Conejos) ya que estos huyen con la quema de los pajonales, otra de las razones por la cual, los humanos queman los pajonales es para preparar los terrenos para cultivos, entre otras actividades que serán en beneficio de los humanos, pero perjudicial para el planeta (Stephen y Thomas, 1990: p.292-295).

En vista que, la quema de los páramos afecta de manera diferente tanto a plantas, animales y suelos se debe evitar de alguna manera la quema de estos. De manera que, al quemar los páramos, estos encienden fácilmente especialmente los pajonales ya que, mantienen las hojas muertas dentro de su estructura (Hofstede, 2001, p.6).

Según Hofstede (2001) tres cuartas partes de la vegetación total del páramo es materia muerta y seca, pero las hojas de los pajonales son muy densas que cubren los meristemas de la paja, permitiendo de esta manera que la paja vuelva a crecer con fuerza después de ser quemada. Ocurre algo similar con otras especies, como en el caso de los frailejones que tienden a quemarse muy rápidamente por la acumulación de hojas secas, sin embargo, sus puntos de crecimiento están protegidos lo que facilita la regeneración rápida de la especie vegetal.

Cabe mencionar que los pajonales y frailejones no son las únicas especies que sobreviven a la quema, existe una infinidad de especies que sobreviven a la quema ya que de alguna manera están protegidas por hojas secas. Tal es el caso de los arbustos rastreros que su tallo siempre esta aplastado contra el piso, mientras que las almohadillas se encuentran compactas lo cual evita que la especie se quemara por completo. Sin embargo, otras especies sí desaparecen, pero rebrotan rápidamente desde su base. De esta manera, dentro de unos meses después de una quema, la vegetación del páramo se ve verde, vigorosa, renovada y hasta mejorada, con mucho material joven y floreciendo. Así se puede llegar a la conclusión que la vegetación del páramo está adaptada a la quema (Hofstede, 2001, p.6).

Pero, como en muchos casos, la primera impresión es engañosa. “La vegetación del páramo no está adaptada a la quema sino a condiciones climáticas extremas, y estas adaptaciones ayudan confidencialmente a tolerar la quema” (Hofstede, 2001, p.6).

Sin embargo, es muy difícil encontrar estas especies típicas del páramo en un área que ha sido quemada regularmente. A menudo, el pajonal es quemado regularmente cada 2 a 4 años y ésta es la razón más probable por la que la quema aporta a la degradación. En efecto, el ecosistema puede resistir una sola quema, en especial cuando no afecta grandes cantidades del área y cuando se lo hace al principio de la época seca, cuando la vegetación todavía está un poco húmeda y la quema no tiene tanto impacto. Pero al tratarse de quemas repetitivas cuando el ecosistema no se ha regenerado, los efectos se van intensificando cada vez más (Hofstede, 2001, p.10).

1.2.15.2. El impacto de la ganadería en el páramo

Las vacas, caballos, ovejas y cabras no existían en los páramos, estos fueron introducidos por los españoles, causando un daño severo sobre la vegetación y el suelo (Vargas y Velasco, 2011: p.72). Sin embargo, los daños que ha provocado la ganadería dependen de factores como: el impacto que produce la ganadería sobre los ecosistemas, como el tipo de animales, la carga animal, el manejo ganadero y si el pastoreo está combinado con quema o no. Por tal motivo, es difícil hacer generalizaciones, pero dos factores unen a todos los tipos de ganadería: el consumo de vegetación y el pisoteo sobre el suelo. Evidentemente, en las praderas que evolucionaron con la presencia de herbívoros existe una variedad de especies vegetales que toleran el consumo o el pisoteo por medio de adaptaciones como estolones, raíces profundas con buena capacidad de rebrote o espinas. Algunas especies hasta se ven beneficiadas por el consumo y aumentan su productividad. Por el contrario, en el páramo es muy diferente ya que la mayoría de las plantas no resiste cuando se le pisa o cuando se le quita parte de su área. Pero la excepción son formas de crecimiento que, similar con la quema, están adaptadas a condiciones climáticas extremas y esta adaptación también funciona para tolerar pisoteo o consumo (Hofstede, 2001, p.11).

Como es de conocimiento, el ganado consume la vegetación verde, así ciertos animales, específicamente los rumiantes tienen una capacidad grande de encontrar las hojas más tiernas; buscan y arrancan material vegetal para encontrar estas hojas. La paja, al ser una gramínea, resiste el consumo de sus hojas debido a que posee un meristema inferior que puede regenerar longitudinalmente la hoja. Sin embargo, su capacidad de rebrote es inferior que la de *gramíneas estoloníferas* como el kikuyo o el holco. Cuando el animal retira una parte central de un penacho de paja, existe cierta probabilidad que se muera el centro de la paja y que pierda su capacidad de rebrote por la falta de aislamiento de los meristemas contra el frío o la insolación. Peor aún es cuando el animal, especialmente las reses grandes, pisa la paja, porque con esto daña directamente los meristemas (Verweij y Kok, 1992: p.216-220).

Resulta claro conocer que los animales afectan los páramos de distintas maneras, así las reses y las ovejas al tener pezuñas afiladas resulta fácil penetrar y destruir la paja o la capa vegetal,

dejando áreas del suelo descubiertas totalmente. Una vez destruida una pequeña parte de la capa vegetal, prosigue la erosión del área. Así mismo, los caballos tienen que comer porciones dobles a las reses ya que tienen una digestión menos eficiente. Sin embargo, estos animales no tienen pezuñas afiladas, por el contrario, tienen cascos muy pequeños que dañan las áreas en las cuales el suelo es suave. En general todos los animales presentes en los páramos tienen los mismos impactos que los animales introducidos, pero con menor intensidad (Hofstede, 2001, p.12).

Si bien es cierto, el pastoreo sobre el suelo es un efecto indirecto, por el daño que provoca a la vegetación lo cual, induce a desaparecer la capa vegetal, parte importante para proteger el suelo. Pero también existe un método directo, como es, el pisoteo que produce la ganadería lo cual facilita la compactación del suelo debido a que el suelo de los páramos es muy suave por el alto contenido de materia orgánica presente en el mismo. Por lo tanto, al estar el suelo compactado impide la aireación adecuada y esto produce que exista menos espacio para el agua, provocando pérdida de la capacidad de infiltración, mientras que en climas lluviosos existe probabilidades muy altas de producir escorrentía superficial y erosión (Hofstede, 2001, p.12).

1.2.15.3. El impacto de los cultivos

En los páramos, desde hace mucho tiempo atrás, se ha cultivado mucha papa y otro tipo de tubérculos andinos, pero en la actualidad los páramos fueron transformados para facilitar el cultivo de cebolla y de hortalizas, por tal motivo los páramos andinos cada vez se ven más abajo y su ecosistema está perdiéndose de a poco (Vargas y Velasco, 2011: p.81).

Según Vargas y Velasco (2011) “Para cultivar el páramo es necesario destruir la vegetación y alterar el suelo. Por lo cual, los cultivos provocan mayor impacto sobre los páramos ya que, al preparación de los terrenos se destruye totalmente la vegetación y se vuelve el suelo, al realizar esta práctica el suelo se seca superficialmente y se liberan varios nutrientes contenidos e inmovilizados en el suelo volcánico. Pero por otra parte, la productividad resulta ser exuberante al inicio por la gran cantidad de materia orgánica, no obstante, después de la primera cosecha existe una disminución notable de nutrientes por lo que los agricultores inician con la aplicación masiva de químicos para fortalecer sus cultivos (Hofstede, 2001, p.12).

Por otra parte, cuando los suelos se encuentran en su forma natural permiten la retención de agua, pero al secarse cambian su estructura y se hacen repelentes de agua. De esta manera, cuando un suelo descubierto y seco recibe lluvias intensas, el agua no puede entrar en él sino más bien, se escurre superficialmente, llevando consigo las partículas de suelo seco que flotan sobre el agua. Así mismo, las partículas secas del suelo, una vez cambiada su estructura, nunca vuelven a tener su estructura original y por ello se tarda mucho tiempo en recuperar tanto de la vegetación como

del suelo. Ahora bien, después de la cosecha, cuando los terrenos son dejados en descanso, es muy difícil que se regenere la vegetación nativa del páramo. En el caso de destrucción de la vegetación por quema o ganado, siempre quedan los restos bajo suelo, pero con un año de cultivo éste no es el caso y cada planta tiene que entrar vía semilla. Por lo tanto, al menos durante el primer año de barbecho, el área estará cubierta por una vegetación de pocas especies no nativas del páramo (Hofstede, 2001, p.10).

En efecto, al tratarse de suelos con una sola cosecha, en la cual, la siembra se realiza rápidamente después de arar, evitando demasiada sequía de suelo, y un barbecho de varios años después de la cosecha, aún se puede hablar de un sistema más o menos estable. Pero, es muy limitante tener la situación de solo una cosecha con varios años de barbecho, porque la gente que se ve obligada a cultivar el páramo tiene poco espacio y para sobrevivir necesita cultivar esta pequeña área casi constantemente. Por tal motivo, el cultivo es la actividad que más impacto negativo genera sobre el páramo y necesita de un manejo adecuado para ser sustentable. Finalmente, existen alternativas en buenos barbechos, combinación de cultivos y árboles o arbustos sembrados para la conservación de suelos que necesitan menos fertilizantes y químicos para su éxito (Hofstede, 2001, p.16).

1.2.15.4. El impacto de la forestación

A simple vista parece que al implementar árboles en el páramo (casi únicamente con especies exóticas hasta ahora), se favorece la estabilidad del ecosistema. Sin embargo, existe bastante evidencia que indica que la zona altoandina ha sufrido varios efectos nocivos a causa de esta acción humana, siendo uno de ellos que durante la implantación se retira parte de la vegetación propia del lugar y se disturba el suelo, pero aún más importantes son los efectos causados por especies como el pino ya que consumen altas cantidades de agua y secan el suelo pudiendo causar la pérdida de su fertilidad. En otras palabras, un suelo bajo una plantación de pino será menos orgánico y más seco que un suelo de páramo (Hofstede, 2001, p.16).

El efecto directo de plantaciones con especies exóticas sobre la fertilidad del suelo no es del todo claro. Existen estudios que no indican un efecto negativo de significancia, pero otros sí lo notan juntamente con una menor actividad biológica. Por ello, se puede decir que los resultados van a depender de la situación que tenía el suelo antes de la implantación, es decir, si fue un pajonal sin alteración o si ya estaba degradado por pastoreo (Hofstede, 2001, p.17).

1.2.16. Zona de Estudio

1.2.16.1. Sub Cuenca del Río Chambo

La zona Sub Cuenca del Río Chambo se encuentra limitada por:

Tabla 5-1: Limitación de la Sub Cuenca del Río Chambo

Norte	Provincia de Tungurahua
Sur	Cantón Alausí
Este	Provincia de Morona Santiago
Oeste	Cantones: Guamote, Colta y Pallatanga

Fuente: Contribución del Comité de la Subcuenca del Río Chambo, 2015.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

La Sub cuenca del Río Chambo posee una superficie aproximada de 3.580 Km², la misma comprende 33 ríos de la cual, el principal es el Río Chambo, que nace en la cordillera central de los Andes Ecuatorianos (Contribución del Comité de la Subcuenca del Río Chambo, 2015, p.28).

Las fuentes del río Chambo esta ubicado en un sitio único del Parque Nacional Sangay dónde se encuentra una gran variedad de lagunas de altura, por lo cual este sistema lacustre fue declarado patrimonio de la humanidad por la UNESCO en 1983 (Contribución del Comité de la Subcuenca del Río Chambo, 2015, p.28).

Cabe mencionar que la cuenca no es solo una unidad hidrífica, sino tambien es una entidad espacial que se encuentra conformada por una gran diversidad de componentes bióticos y abióticos que interactuan en doble sentido (CESA, 2013, p.4).

1.2.16.2. Pungalá

Pungalá pertenece a la unidad hidrográfica de la Subcuenca del Río Chambo, comprende una superficie total de 26.465 ha, de la superficie total 17.828 ha corresponde al páramo (Colpari, 2013, p.4). De esta manera, la extensión de toda la parroquia representa el 26% del área del Cantón Riobamba. La altitud correspondiente a la Parroquia Rural de Pungalá es de 2880 msnm (GAD Riobamba, 2017, p.34).

1.2.16.3. Uso y cobertura del suelo de Pungalá

El territorio perteneciente a la Parroquia Rural de Pungalá está dominado por zonas en la que su mayoría corresponde al páramo de esta manera se indica las actividades realizadas en la zona.

Tabla 6-1: Cobertura y Usos del Suelo de Pungalá.

Categoría de uso	Superficie (ha)	Porcentaje
Bosque exótico	473,59	1,7%

Bosque nativo	2.657,46	9,4%
Cultivo	353,42	1,3%
Improductivo	1.433,23	5,1%
Páramo	18,178,37	64,6%
Pasto	2.181,50	7,8%
Pasto/Cultivo	2.855,49	10,1%
Total	28.133,06	100%

Fuente: GAD Parroquial Pungalá, 2015.

1.2.16.4. Clima en Pungalá

En la Parroquia Rural de Pungalá el 90% de su extensión posee un clima Ecuatorial Frio de alta montaña y el 10% restante corresponde a un clima Ecuatorial Frio Semihúmedo. Sin embargo, en función del Mapa Ecológico del PRONAREG, se puede afirmar que la Parroquia Pungalá comprende temperatura que oscilan entre 6 y 18 °C, con una media de 12°C, lo cual permite la existencia de climas templados en zonas bajas y fríos en zonas altas, de esta manera, las precipitaciones anuales fluctúan desde los 500 hasta 1000 mm de lluvia, cabe mencionar que los meses más secos corresponde a Julio y agosto (GAD Parroquial Pungalá, 2015, pp.4-5).

1.3. Bases Conceptuales

Páramo

Es un ecosistema ubicado entre 3200 y 4200 msnm que alberga a miles de especies vegetales y animales. Las características de sus suelos varían de acuerdo a varios factores como: las actividades antrópicas realizadas, condiciones climáticas, altitud, propiedades fisicoquímicas, entre otras.

Suelo de páramo de Pungalá

La extensión que comprenden los páramos de Pungalá es de 17.828 ha, siendo esta dominante con respecto al territorio total. Al ser el territorio dominante, este ecosistema es de gran valor ya que es una de las principales fuentes económicas para sus habitantes quienes tienen como actividades mayoritarias la agricultura y ganadería, en donde, el suelo juega un rol crucial (GAD Parroquial Pungalá, 2015, p.4-5).

El suelo del páramo es muy poco conocido y subvalorado, los elementos que lo componen actúan armónicamente permitiendo el desarrollo de las funciones de este ecosistema.

Un suelo de páramo cumple sus funciones debido a su capacidad de regulación de los flujos de agua (calidad propia) que logra gracias a que el aluminio de la ceniza volcánica y la materia orgánica se combinan para formar vesículas que se llenan de agua, misma que es retenida por un período relativamente largo y es soltada lenta y constantemente (Cárdenas, 2015, p.15).

Actividad microbiana

Es aquella actividad realizada por los microorganismos para descomponer la materia orgánica, permitiendo con ello generar nutrientes benéficos para que el suelo mantenga su fertilidad y permita el crecimiento de las plantas. La temperatura es uno de los factores más importantes que influyen directamente en la actividad microbiana debido a que a mayor temperatura mayor es la actividad. La temperatura de Pungalá oscila entre 6 y 18 °C, con una media de 12°C, lo cual permite la existencia de climas templados en zonas bajas y fríos en zonas altas, esto nos indica que la temperatura en estas zonas permite el desarrollo de microorganismos y esto se evidencia a simple vista ya que se observan plantaciones y crecimiento de pasto.

Respiración edáfica

Es la cantidad total de CO₂, por unidad de área y tiempo. Esta es el resultado de la actividad biológica realizada por microorganismos, raíces vivas y macroorganismos como las lombrices, nemátodos o insectos presentes en el suelo.

La respiración edáfica es variable y fuertemente afectada por condiciones de humedad y temperatura. Para medirla se debe tomar en cuenta la historia y características del suelo muestreado así como de los suelos cercanos (USDA, 1999, p.52).

En el caso de los páramos, es muy importante notar todas las características más relevantes presentes en la zona de muestreo que permitan sustentar los resultados obtenidos a escala de laboratorio.

Propiedades Físicoquímicas del suelo

pH

Por lo general los suelos de páramo son ácidos ya que existe la presencia de ácidos orgánicos. Los valores promedio de pH para estos suelos es de 5 a 7, sin embargo, si se han reportado valores menores para suelos ubicados al sur del Ecuador (pH: 3,9-5,8). Para suelos del norte el rango se encuentra entre 5,3 a 6,3 (USDA, 1999, p.52).

Color

Si se tiene un suelo de color claro con elevado índice de respiración puede deberse a la pérdida de materia orgánica. Un suelo relativamente más oscuro con el mismo índice de respiración se podría considerar como sano (USDA, 1999, p.52).

Textura

Esta propiedad se relaciona altamente con la densidad del suelo y el contenido de materia orgánica. Un suelo de textura fina, bien estructurado y con un alto contenido de materia orgánica tiene una densidad aparente menor, mientras que, en un suelo de textura gruesa, poco estructurado y con bajo contenido de materia orgánica tiende a tener una densidad mayor (AVPA, 2010, p.19).

Densidad

Describe la compactación del suelo y puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y por la humedad del suelo, sobre todo en suelos con arcillas expandentes.

La densidad aparente varía desde 0,1 g/cm³ o menos en suelos orgánicos, hasta 1,60 g/cm³ en suelos minerales. En suelos arenosos puede llegar hasta 1,8 g/cm³ y 2 g/cm³ en compactados. Los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen una densidad entre 0,70 y 9,98 g/cm³ y los andosoles sin intervención presentan rangos de entre 0,3 a <0,9 g/cm³ (Cárdenas 2015, p.28).

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Lugar de Estudio

2.1.1. Localización

La zona de estudio pertenece a la unidad hidrográfica de la Subcuenca del Río Chambo cuya superficie es de 26.465 ha, correspondiente a la parroquia rural de Pungalá, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

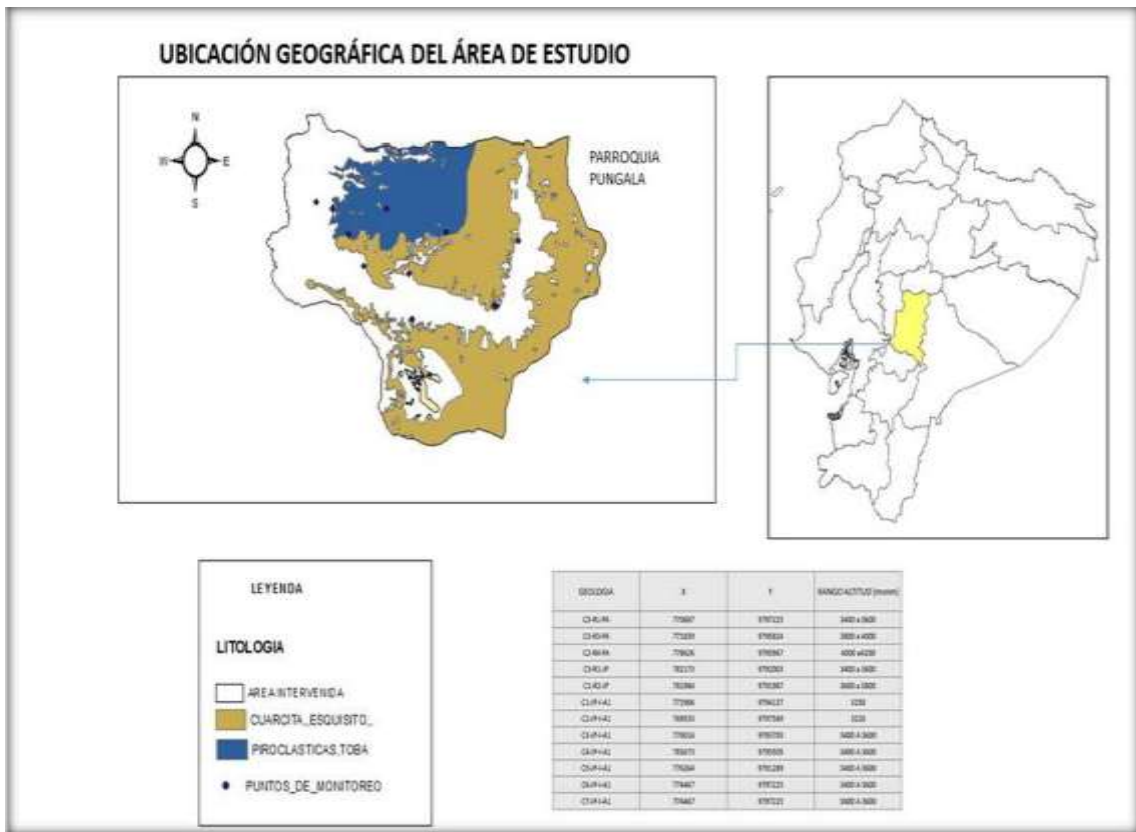


Figura 1-2. Ubicación geográfica de Pungalá (Zona de Estudio)

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021

Realizado por: Abarca, J.; Zumba, A. 2021

2.1.2. Límites de Área de Estudio

Tabla 1-2: Límites de la Zona de Estudio (Pungalá).

Norte	Catón Chambo
Sur	Cantón Guamote, parroquia Cebadas
Este	Provincia de Morona Santiago
Oeste	Parroquia de Licto

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana,2021.

2.2. Tipo de investigación

Según el tipo de inferencia la investigación es de tipo Hipotético deductivo ya que fueron comprobadas apartir de la experimentación. Según la profundización del objeto de estudio la investigación corresponde a una investigación explicativa ya que se determinó las causas y efectos de un fenómeno (disminución de CO₂ en zonas intervenidas y no intervenidas). Según el periodo temporal corresponda a una investigación de corte transversal (debido a que está relacionado a un tiempo determinado), además, no analiza su evolución. Según la manipulación de variables corresponde a una investigación cuasi experimental debido a que no se tiene un control total de las variables, en este caso no se puede controlar las propiedades fisicoquímicas del suelo. Según la condición de estudio corresponde a una investigación de laboratorio, puesto que los análisis se los realizó en el laboratorio, además que se los analizó inmediatamente para evitar que las muestras se alteren. Según el método de investigación corresponde a una investigación cuantitativa ya que se obtuvieron datos de respiración edáfica mediante una titulación y para los datos obtenidos se aplicó un diseño experimental para observar la pérdida de CO₂ en los suelos del sector Pungalá.

2.3. Diseño de la investigación

La investigación es de tipo Cuasi experimental ya que se manipuló la variable independiente (Zonas intervenidas y no intervenidas de la Subcuenca del Río Chambo sector Pungalá) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre la variable dependiente (Cuantificación de la respiración edáfica). Se analizó el efecto que tiene la intervención antrópica en el contenido de CO₂ del suelo en las zonas de estudio.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Existe diferencia significativa en la cuantificación de la respiración edáfica en zonas intervenidas y no intervenidas de los suelos de Subcuenca del Río Chambo sector Pungalá.

2.4.2. Hipótesis Nula

- No existe diferencia significativa en la cuantificación de respiración edáfica entre zonas intervenidas y no intervenidas en el sector Pungalá.

2.4.3. Hipótesis alternativa

- En las zonas intervenidas existe mayor CO₂ que en las zonas no intervenidas en el sector Pungalá.
- En las zonas no intervenidas existe mayor CO₂ que en las zonas intervenidas en el sector Pungalá.

2.5. Variables

2.5.1. Variable Dependiente

Cuantificación de la respiración edáfica en suelos de la Sub Cuenca del Río Chambo sector Pungalá.

2.5.2. Variable Independiente

Zonas intervenidas y no intervenidas de Pungalá (Actividad antrópica).

2.6. Técnica de Recolección de Datos

Se realizó la delimitación del área de estudio con la herramienta de información geográfica GPS para llegar al punto exacto del área que se va a estudiar en la Sub Cuenca del Río Chambo, Sector Pungalá.

2.7. Unidad de Análisis

Suelo procedente de la Sub cuenca del Río Chambo, Sector Pungalá, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, Ecuador.

2.8. Tamaño de la muestra

El diseño muestral propuesto consiste en la aplicación de un muestreo aleatorio por estratos según el área de páramo que se encuentra en Pungalá. De tal manera, se obtuvo un “n” de 36 puntos a muestrear de acuerdo a la fórmula del número de muestras total con una confianza del 95%:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L \frac{N_i p_i q_i}{w_i}}{ND + \sum_{i=1}^L N_i p_i q_i} \cong 36$$

Donde:

N = Número de muestras

N_i = Área de cada zona de intervención y no intervención,

L = Número de estratos – intervención.

p_i = Porcentaje de carbono orgánico del suelo por intervención.

q_i = Complemento de la proporción de carbono.

W_i = Ponderación por área de cada zona.

N = Área del páramo de Pungalá.

$$D = \frac{B^2}{4}$$

B = Error del experimentador

Posteriormente se calculó el número de muestras para cada uno de los estratos con una afijación proporcional basada en el área de cada estrato conformado por zonas intervenidas y no intervenidas que se encuentran en la sección del páramo de Pungalá, mediante la siguiente fórmula:

$$n_i = n * w_i$$

$$W_i = \frac{N_i}{N}$$

Definiéndose los siguientes tamaños muestrales de los estratos:

$$n_{\text{Intervenido}} = 36 * 0.42 = 15$$

$$n_{\text{NOIntervenido}} = 36 * 0.58 = 21$$

2.9. Selección de la Muestra

Para seleccionar las muestras se tomó en cuenta suelos de zonas intervenidas y de zonas no intervenidas del sector Pungalá, con un total de 12 conglomerados tomados a profundidades de 0-15 cm para respiración edáfica y de 0-0.30 cm y 0.30-0-60 cm para parámetros fisicoquímicos del suelo (pH, color, textura, densidad aparente y carbono orgánico).

Tabla 2-2: Coordenadas geográficas de los conglomerados.

# - Conglomerados	GEOLOGIA	PARCELA	X	Y	RANGO ALTITUD (msnm)	SECTOR	ZONA
1	C1-R1-PA	A1	770687	9797225	3588	PUNGALA SAN JOSE DE CULLUL	NO INTERVENIDAS
		A2	770942	9797226	3625	PUNGALA SAN JOSE DE CULLUL	NO INTERVENIDAS
		A3	770691	9797473	3586	PUNGALA SAN JOSE DE CULLUL	NO INTERVENIDAS
2	C2-R3-PA	A1	771839	9795824	3804	propiedad privada- pungala	NO INTERVENIDAS
		A2	771822	9796081	3824	propiedad privada- pungala	NO INTERVENIDAS
		A3	772078	9795828	3826	propiedad privada- pungala	NO INTERVENIDAS
3	C3-R1-PA	A1	778885	9796042	3998	PUNGALA	NO INTERVENIDAS
		A2	779136	9796025	4002	PUNGALA	NO INTERVENIDAS
		A3	778764	9796241	4000	PUNGALA	NO INTERVENIDAS

4	C4-R1-JP	A1	782173	9792003	3522	ALAO - TAMBILLO	NO INTERVENIDAS
		A2	782381	9791902	3368	ALAO - TAMBILLO	NO INTERVENIDAS
		A3	782310	9792203	3543	ALAO - TAMBILLO	NO INTERVENIDAS
5	C1-R2-JP	A1	781984	9791987	3643	ALAO - TAMBILLO	NO INTERVENIDAS
		A2	782133	9792161	3627	ALAO - TAMBILLO	NO INTERVENIDAS
		A3	781830	9792192	3812	ALAO - TAMBILLO	NO INTERVENIDAS
6	C1-JP-I-A1	A1	772906	9794137	3258	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A2	773082	9793971	3266	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A3	773087	9794298	3288	PUNGALA	INTERVENIDAS
7	C2-PA-I-A1	A1	769533	9797569	3212	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A2	769761	9797688	3202	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A3	769729	9797436	3246	PUNGALA	INTERVENIDAS
8	C3-JP-I-A1	A1	776016	9793703	3465	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A2	776263	9793719	3456	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A3	775812	9793600	3440	PUNGALA	INTERVENIDAS
9	C4-JP-I-A1	A1	783673	9795505	3440	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A2	783596	9795269	3442	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A3	783435	9795554	3564	PUNGALA	INTERVENIDAS
10	C5-JP-I-A1	A1	776264	9791289	3542	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A2	776201	9791515	3410	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A3	776485	9791329	3380	PUNGALA	INTERVENIDAS
11	C6-JP-I-A1	A1	770937	9793691	3284	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A2	770952	9793439	3422	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A3	771160	9793718	3246	PUNGALA	INTERVENIDAS
12	C7-JP-I-A1	A1	772897	9793389	3048	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A2	773108	9793278	3042	PUNGALA	INTERVENIDAS
		A3	772724	9793571	3040	PUNGALA	INTERVENIDAS

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

2.10. Diseño Experimental

Tabla 3-2: Diseño Experimental.

Zona	Altitud	Profundidad	CO ₂
------	---------	-------------	-----------------

No Intervenida	3400- 3600	0-30	Y1.
No Intervenida	3600- 3800	0-30	Y3.
No Intervenida	3800- 4000	0-30	Y5.
No Intervenida	4000- 4200	0-30	Y7.
Intervenida	3200- 3400	0-30	Y9.
Intervenida	3400- 3600	0-30	Y12.

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

2.10.1. Fase de campo

2.10.1.1. Diseño de muestreo

Para realizar el muestreo se utilizó la metodología establecida en el Manual de campo 2012 de Programa de Naciones Unidas para la Reducción de las emisiones por la Deforestación y Degradación del Bosque que aplica el ministerio del Ambiente Ecuatoriano y en los países en Desarrollo.

Pasos:

- Se definió una rejilla de 500mx 500m utilizando herramientas cartográficas y en cada punto se estableció un conglomerado de parcelas en forma de L.
- La rejilla se sobrepuso en el mapa de estratificación y cada conglomerado fue asignado a un solo estrato basado en el estrato dominante dentro de las parcelas.

Forma y distribución de las parcelas dentro del conglomerado

Tres parcelas consideras en la fase preliminar, para el establecimiento se debe iniciar en el punto inferior derecho y luego formar la L (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012, p.10-11).

Utilizando la cartografía del área de estudio se realizó la distribución espacial de los puntos de muestreo para cada sitio en particular, para ello se tomaron en cuenta algunos factores como: alturas, pendientes y la accesibilidad (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012, p.11).

2.10.1.2. Recolección de muestras

En cada muestreo se estableció 3 parcelas de 25m x 25m cada una, separadas por una distancia de 250m. Se tomaron 12 conglomerados con un total de 36 muestras. Divididas así: 5 en zonas no intervenidas y 7 en zonas intervenidas.

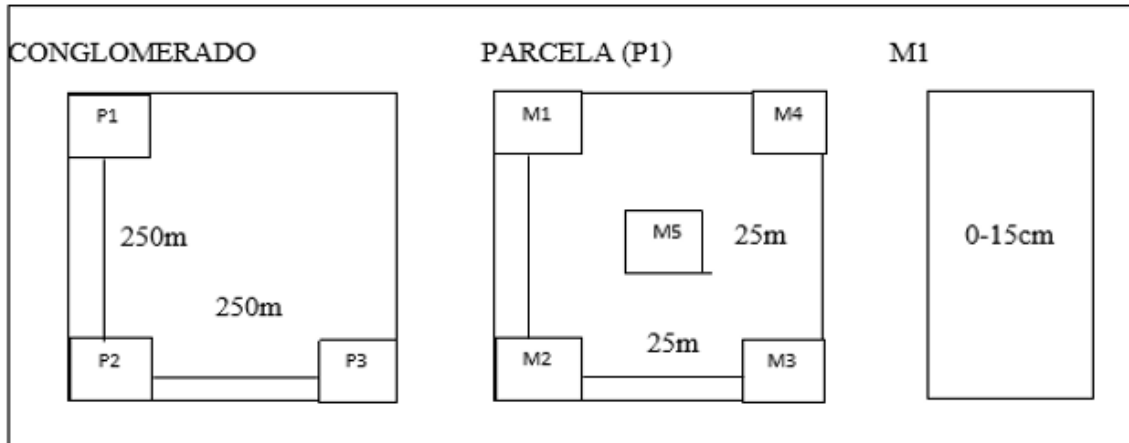


Figura 2-2. Distribución del Conglomerado

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021

Realizado por: Abarca, J.; Zumba, A. 2021

Toma de muestra de cada conglomerado en campo

- Mediante un GPS se llegó al punto de muestreo previamente establecido.
- Con una pala se limpió la superficie para la toma de muestras.
- Se introdujo el barreno hasta 15 cm de profundidad y se colocó la muestra (suelo) en bolsas ziploc previamente etiquetadas.
- Una vez recolectadas las submuestras del conglomerado se mezclan homogéneamente y que estas hayan pasado por el método de cuarteo (consiste en reducir el tamaño haciendo un montón cónico con el suelo mezclado), se cortó por el centro con una espátula en cuatro partes, se mezcló dos cuartos y se descartaron dos. Este proceso se repitió hasta llegar a la cantidad de material necesario (1kg). Cabe mencionar que la finalidad de cuarteo es obtener una muestra representativa.
- Se tomó un porcentaje para la realización de tres réplicas por conglomerado para respiración edáfica y el resto se destinó a los análisis fisicoquímicos.

2.10.1.3. Muestras para densidad aparente

Para extraer las muestras para densidad aparente se empleó el método del cilindro impulsado en el suelo. Para obtener las muestras se dispuso un barreno de 0-0.30 cm y de 0.30-0.60 cm en cada

parcela con la ayuda de una excavadora y un flexómetro se introdujo un cilindro en forma horizontal en el suelo excavando donde se toma aproximadamente 0,2 g de suelo, se sacó con la ayuda de una excavadora y se selló herméticamente al cilindro para que no pierda humedad, se recolectó 6 muestras por cada conglomerado y cada muestra se etiquetó con su respectivo código.

2.10.2. Fase de Laboratorio

2.10.2.1. Preparación de Reactivos para Respiración Edáfica

Solución 1 molar (M) de hidróxido de sodio (NaOH)

- Se pesó 39,9969 gramos (g) en una balanza analítica.
- Se añadió agua destilada y se agitó para disolver el hidróxido de sodio.
- Se aforó con agua destilada hasta la marca del aforo
- Finalmente se almacenó en una botella ámbar.

Solución 0,1 molar (M) de hidróxido de sodio (NaOH)

- Se procedió a pesar 3,9996 g de hidróxido de sodio en una balanza analítica.
- Se colocó el hidróxido de sodio en un balón de aforo de un litro.
- Se añadió agua destilada, posteriormente se agitó para disolver el hidróxido de sodio.
- Se procedió a aforar con agua destilada hasta la marca de aforo.
- Finalmente, la solución se colocó en una botella ámbar.

Solución 0.05 molar (M) de cloruro de bario (BaCl₂)

- Se procedió a pesar 10.41 g de cloruro de bario en un vidrio reloj.
- Se colocó en un balón de aforo de cloruro de bario pesado.
- Se procedió a aforar con agua destilada.
- El reactivo fue almacenado en una botella ámbar en un lugar seguro.

Solución 0.05M molar de ácido clorhídrico (HCl)

- Se procedió a medir 4.16 ml de ácido clorhídrico químicamente puro en una probeta previamente limpia, para preparar 1000 mililitros (1L).

- Se colocó en un balón de aforo, luego se añadió agua destilada y posteriormente se agitó.
- Se Aforó hasta la marca de aforo.
- Se envasó en una botella ámbar.

Solución de fenolftaleína (0.1 g/100 ml 60% (v/v) etanol)

- Se procedió a pesar 0,1 g de Fenolftaleína en una balanza analítica.
- Se colocó la Fenolftaleína en un balón de aforo de 100 ml.
- Se procedió a colocar etanol al 60 % con agitación constante.
- Se aforó.
- Finalmente se colocó en una botella ámbar.

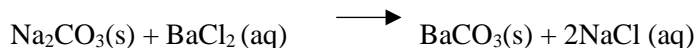
2.10.2.2. Cuantificación de respiración edáfica

Para la cuantificación de la respiración edáfica se utilizó el método Volumétrico (método Anderson) ya que este método es bastante simple, directo y sobre todo los materiales son accesibles (Bloem et al., 1958).

El principio del método descrito por Bloem, Hopkins y Benedetti (1958, p.837) consiste en que el dióxido de carbono producido en la muestra del suelo queda atrapado en la solución de hidróxido de sodio utilizado como indica en la siguiente ecuación química:



Seguidamente se agregó cloruro de bario al vaso de precipitación que contiene carbonato de sodio (Na_2CO_3) más agua (H_2O) para precipitar el dióxido de carbono (CO_2) absorbido. A continuación se indica mediante una reacción química:



A medida que se disuelve el dióxido de carbono la reacción química se ve forzada a la derecha, siempre y cuando la solución alcalina contenga exceso de hidróxido. El hidróxido no consumido se tituló con ácido clorhídrico (HCl) al final de la incubación, con el objetivo de medir el dióxido de carbono desprendido.

Según la metodología propuesta por Bloem, Hopkins y Benedetti (1958, p. 864) se realizó de la siguiente manera:

2.10.2.2.1. Pre-incubación

Se refiere a pre incubar la muestra y el blanco por 7 días para permitir que disminuya el enjuague

inicial de carbono. Debido a que al manipular el suelo en el campo existe todo tipo de perturbación del suelo, como la humectación, agitación, ciclo de secado, descongelación. Todos estos factores provocan una explosión de dióxido de carbono y afecta al momento de calcular la respiración del suelo (Bloem et al., 1958). Durante la pre incubación la pérdida de humedad del suelo debe ser compensada al momento de cambiar los viales para la incubación.

- En el frasco de vidrio de medio litro se colocó el papel filtro humedecido al fondo (Agua destilada).
- En un vaso de precipitación se agregó 2 ml de hidroxido de sodio al 1M.
- Se colocó en vaso de precipitación al fondo del frasco.
- Se agregó 40 g de suelo sin hojas, raíces y remanentes rocosos al fondo del frasco (Es importante no tocar el vaso de precipitación con 2 ml de hidróxido de sodio).
- Se dejó en incubación a temperatura de laboratorio durante 7 días.

(Bloem et al., 1958)

2.10.2.2.2. Incubación

Se refiere a incubar la muestra y el blanco por 24 horas antes de la titulación.

- Después de los 7 días de pre-incubación, se retiró el vaso de precipitación del frasco, el cual, fue reemplazado por otro vaso al que se le agregó 2ml de hidróxido de sodio al 0.1M.
- Se aseguró que el papel filtro este humedecido y se cerró herméticamente el frasco de vidrio.
- Se procedió a incubar a temperatura ambiente durante 24 horas.

(Bloem et al., 1958)

2.10.2.2.3. Medición

Indica la titulación tanto de las muestras como de los blancos.

- Se retiró el vaso de precipitación del frasco de vidrio.
- Se agregó 4ml de cloruro de bario 0.05M, para precipitar el carbonato en forma de carbonato de bario (BaCO_3), como se indica a continuación:



- Se agregó 3-4 gotas de fenolftaleína a la solución del vaso de precipitación.
- Se tituló con ácido clorhídrico 0.05M hasta el viraje de rosado a transparente.
- Se registró los volúmenes de Ácido clorhídrico utilizados.

(Bloem et al., 1958)

2.10.2.2.4. Cálculo de Respiración Edáfica

La cuantificación de respiración edáfica (RE) se calculó en unidades de $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$, por hora mediante la fórmula (Bloem et al., 1958):

$$RE = \frac{Mc * (Vb - Vs) * 0.05}{Sdw * t * 2} 10^3$$

Donde:

Mc: Peso molar de carbono (12.01 g/mol)

Vb: Volumen en mililitro de 0.05 M de ácido clorhídrico consumido en la titulación del blanco

Vs: Volumen en mililitro de 0.05 M de ácido clorhídrico consumido en la titulación de las muestras

Sdw: peso de la muestra de suelo en gramos (g)

T: tiempo de incubación en horas (h)

2.10.2.3. Determinación de Densidad Aparente

Para el análisis de densidad aparente se empleó el Método del cilindro metálico. Y se requirió que las muestras sean analizadas en el menor tiempo posible.

- Llegadas las muestras al laboratorio, primero se eliminó el papel film en el que se envolvieron los cilindros.
- Se limpió cualquier interferencia (excedente de suelo) que se encontró en las paredes del cilindro con la ayuda de una espátula.
- Se pesó una tarrina de aluminio en la balanza analítica.
- Se extrajo la muestra del suelo adjunta en el cilindro y se colocó en la tarrina de aluminio.
- Se pesó en la balanza analítica el suelo más la tarrina (peso en húmedo: PH).
- Finalmente se colocó en la estufa a 105°C durante 24 horas e inmediatamente se procedió a pesar (peso en seco: PS).

(Flores, 2010, p.36-37)

Se aplicó la siguiente ecuación para densidad aparente:

$$DA = \frac{PS - PC}{V}$$

Dónde:

DA = Densidad Aparente

PS = Peso Seco

PC = peso de tarrina

V = Volumen conocido del cilindro previamente calibrado

2.10.2.4. Determinación de pH (Potencial de Hidrogeno) y CE (Conductividad Eléctrica)

Para llevar a cabo el análisis de pH y conductividad eléctrica se utilizó el método potenciométrico, por lo cual se realizaron de inmediato los análisis de suelo, cuando las muestras llegaron al laboratorio. Cabe mencionar que para este análisis se recolectaron muestras con profundidades de 0-0.30 y 0.30-0.60 cm.

- Se realizó un extracto acuoso pesando 20 gramos de suelo, seco al aire y se colocó en un vaso plástico.
- Se añadió 45 mililitros de agua destilada, se agitó durante 15 minutos y se dejó reposar por 5 minutos.
- Se procedió a medir el pH de la muestra con la ayuda de un pH-metro de mesa modelo Accumet Fisher Scientific.
- Se introdujo el electrodo en el extracto acuoso y finalmente se tomaron nota de los valores.
- Para la conductividad se emplearon las mismas muestras de suelo que se prepararon para medir el pH, pero se conservaron en reposo durante 24 horas previas a su lectura.
- Se midió la conductividad con un conductímetro marca Hach y se registraron los valores en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

(Moebius et al., 2016, p.69)

2.10.2.5. Determinación de Color

El análisis de color se realizó previamente las muestras secas, siguiendo la metodología del Sistema Munsell (Departamento de Agricultura, 1994).

- Se procedió a comparar los matices de cada muestra con las tablas de Munsell Soil Color Book.

- Se tomó una cantidad considerable de muestra de suelo (lo que cabe en el puño de la mano) y se colocó en una hoja blanca para evitar confusiones en la observación del color.
- Se colocó la tabla de Munsell sobre la muestra y se comparó con cada uno de los colores hasta encontrar el de la tonalidad del suelo.
- Los datos se registraron de la siguiente manera: Matiz (tinte), Claridad y pureza (1,2 o 3)
Ejemplo: 7.5 YR-2.5/1.

(Flores, 2010, p.14-15)

2.10.2.6. Determinación de Carbono Orgánico

Para este análisis se empleó el método LOI (Pérdida de peso por ignición) para lo cual, se procedió a secar la muestra de suelo en papel periódico a temperatura ambiente por lo menos 3 a 5 días, luego que el suelo estuvo completamente seco al aire libre evitando que reciba radiación solar. Se tamizó las muestras de suelo seco, con el tamiz de 250 µm.

Procedimiento:

- Se tararon los crisoles (proceso que consistió en calentar y enfriar hasta que este material adquiriera un peso constante), en el caso del crisol se debe colocar en una mufla a 900°C en un tiempo determinado de 2 horas para que las partículas se compacten y lleguen a un peso constante, posteriormente se enfriaron los crisoles en un desecador.
- Se etiquetaron los crisoles en la parte inferior con el código de la muestra.
- Se pesó el crisol (P1), se enseró la balanza y se pesó 5 gramos de suelo aplicando la técnica del cuarteo (P2).
- Se colocó el suelo en la estufa por 24 horas a una temperatura de 105°C, se enfrió en un desecador y se pesó (P3).
- Inmediatamente se colocó el suelo en la mufla por 2 horas a una temperatura de 360°C, se enfrió en un desecador y se pesó (P4).

(Chatterjee et al., 2009, p.164-178)

El porcentaje de carbono orgánico se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\%CO = \frac{MO}{1,724}$$

Dónde:

%CO = Porcentaje de carbono orgánico

MO = Peso de materia orgánica

1,724 = Factor de Van Bemmelen

2.10.2.7. Determinación de Textura

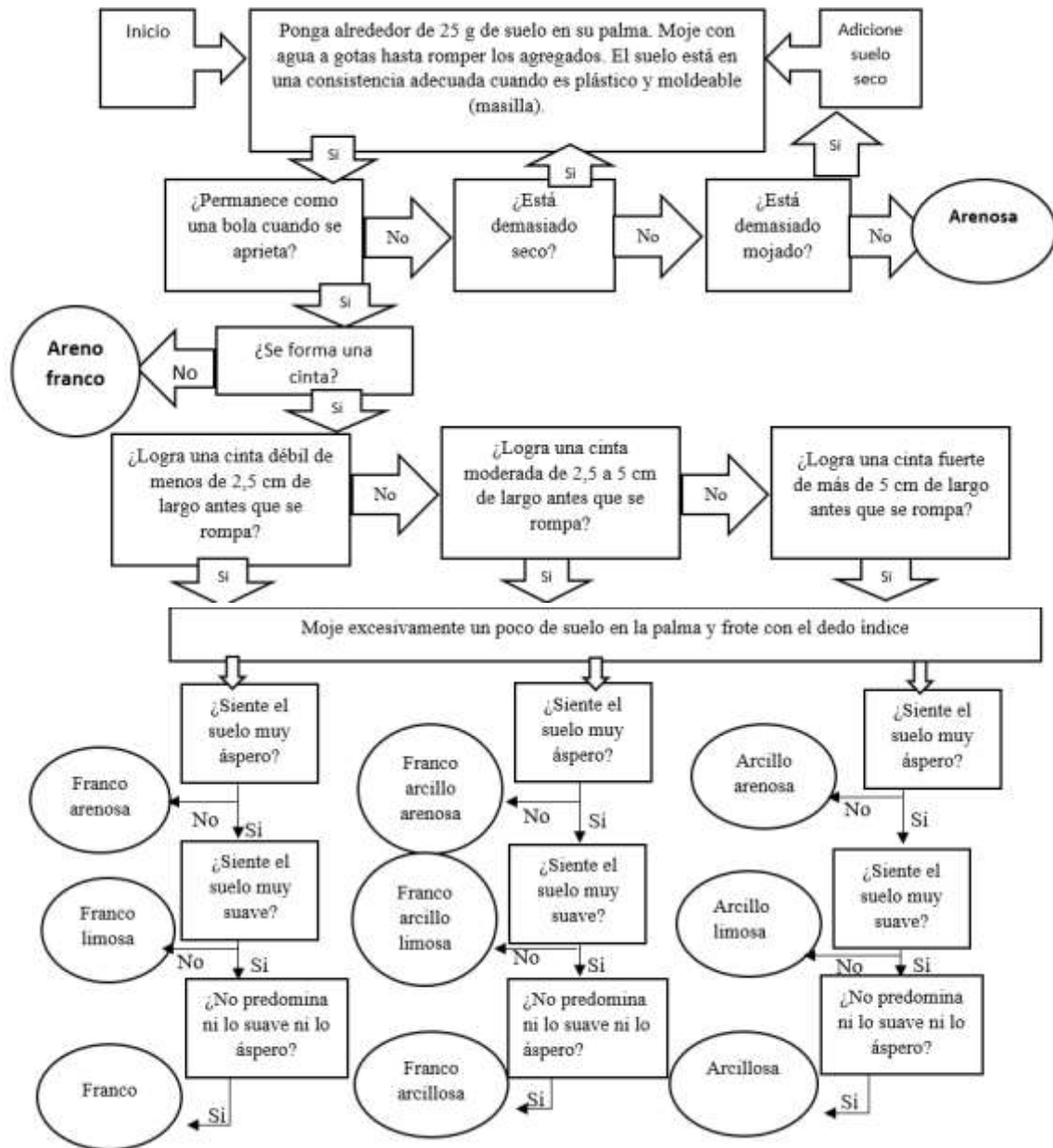


Figura 3-2. Determinación de textura mediante la técnica del tacto

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021

Realizado por: Abarca, J.; Zumba, Ana. 2021

Para el análisis de Textura se utilizó la técnica del tacto, para el cual, se tomó aproximadamente 10 gramos de muestra de suelo al cual, se le agregó agua poco a poco y se procedió a moldearla hasta que adquiriera una consistencia para poder comparar las diferentes sensaciones del tacto de acuerdo a la figura 5-2, de tal forma que el procedimiento se repite para cada muestra de suelo (Ciancaglioni, 2009, p.10).

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Características Generales de los Suelos Intervenidos y no Intervenidos del Sector Pungalá

Tabla 1-3: Características Generales de los Suelos Intervenidos y no Intervenidos del Sector Pungalá.

CONGLOMERA DO	PARCEL A	INTERVENCI ÓN	X- COORD	Y- COORD	ALTITUD (msnm)
			UTM WGS84		
C1-R1-PA	P1	Zona no Intervenida / (Zona Páramo- Pajonal)	770687	9797225	3588
	P2		770942	9797226	3625
	P3		770691	9797473	3586
C1-JP-I	P1	Zona Intervenida	772906	9794137	3258
	P2	/(Zona Pajonal	773082	9793971	3266
	P3	conservado)	773087	9794298	3288
C2-PA-I	P1	Zona Intervenida	769533	9797569	3212
	P2	/(Zona Páramo-	769761	9797688	3202
	P3	Pajonal conservado)	769729	9797436	3246
C6-JP-I	P1	Zona Intervenida	770937	9793691	3284
	P2	/(Zona de	770952	9793439	3422
	P3	siembra- Remolacha)	771160	9793389	3246
C7-JP-I	P1	Zona Intervenida	772897	9793389	3048
	P2	/(Zona recién	773108	9793278	3042
	P3	cosechada, presencia de urea en el suelo)	772724	9793571	3040
C3-R1-PA	P1		778885	9796042	3998

	P2	Zona no intervenida / (Páramo-Pajonal conservado) /	779136	9796025	4002
	P3		778764	9796241	4000
C4-JP-I	P1	Zona Intervenida	783673	9795505	3440
	P2	/(Zona de pastoreo-Pajonal)	783596	9795269	3442
	P3		783435	9795554	3564
C5-R2-JP	P1	Zona no Intervenida /	781984	9791987	3643
	P2	(Zona Páramo)	782133	9792161	3627
	P3		781830	9792192	3812
C2-R3-PA	P1	Zona no Intervenida /	771839	9795824	3804
	P2	(Zona Páramo-Pajonal)	771822	9796081	3824
	P3		772078	9795828	3826
C5-JP-I	P1	Zona Intervenida	776264	9791289	3542
	P2	/ (Zona de pastoreo-pasto)	776201	9791515	3410
	P3		776485	9791329	3380
C4-R1-JP	P1	Zona no Intervenida /	782173	9792003	3522
	P2	(Zona Páramo-pajonal quemado)/	782381	9791902	3368
	P3		782310	9792203	3543
C3-JP-I	P1	Zona Intervenida	776016	9793703	3465
	P2	/ (Zona de pastoreo-pasto)	776263	9793719	3456
	P3		775812	9793600	3440

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

3.1.1. Resultados de Respiración edáfica de Zonas Intervenidas y no Intervenidas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

Tabla 2-3: Respiración edáfica en Zonas no intervenidas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

Código	Parcela	Repetición	RE (ug CO ₂ -C/g por hora) Respiración edáfica	Promedio de RE (ug CO ₂ -C/g por hora)
--------	---------	------------	--	---

C1-R1-PA	A1	R1	1.28227924	1.3447
		R2	1.40702791	
	A2	R1	1.40740428	1.4543
		R2	1.50123874	
	A3	R1	1.50042852	1.3432
		R2	1.18604929	
C2-R3-PA	A1	R1	0.28148156	0.1720
		R2	0.06251551	
	A2	R1	0	0.0782
		R2	0.15637669	
	A3	R1	0.12510041	0.1251
		R2	0.12509353	
C3-R3-PA	A1	R1	0.12509197	0.1407
		R2	0.15637513	
	A2	R1	0.03127393	0.0625
		R2	0.09381804	
	A3	R1	0.09382414	0.0782
		R2	0.06254083	
C4-R1-JP	A1	R1	0.03127589	0.0313
		R2	0.03123926	
	A2	R1	0.06254692	0.0782
		R2	0.09382531	
	A3	R1	0.06254599	0.0625
		R2	0.06255099	
C5-R2-JP	A1	R1	0.03126369	0.0469
		R2	0.06254958	
	A2	R1	0.12478098	0.1871
		R2	0.24942576	
	A3	R1	0.09298959	0.0934
		R2	0.0938239	

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

Tabla 3-3: Respiración edáfica en Zonas Intervenidas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

Código	Parcela	Repetición	RE (ug CO ₂ -C/g por hora) Respiración edáfica	Promedio de RE (ug CO ₂ -C/g por hora)
C1-JP-I	A1	R1	0.09378194	0.2337
		R2	0.37367952	
	A2	R1	0.18607231	0.2021
		R2	0.21812523	
	A3	R1	0.12459861	0.0936
		R2	0.06251208	
	A1	R1	0.15631573	0.0938

C2-PA-I	A2	R2	0.0311947	0.1250
		R1	0.06254317	
	A3	R1	0.15631456	0.1559
		R2	0.15542126	
C3-JP-I	A1	R1	0.12507821	0.1406
		R2	0.15620448	
	A2	R1	0.03115306	0.0468
		R2	0.06250005	
	A3	R1	0.09336434	0.0779
		R2	0.06249506	
C4-JP-I	A1	R1	0.06255083	0.0938
		R2	0.12500479	
	A2	R1	0.09382179	0.0782
		R2	0.06254552	
	A3	R1	0.12510229	0.0781
		R2	0.03117597	
C5-JP-I	A1	R1	0.03127315	0.0469
		R2	0.06254911	
	A2	R1	0.06252254	0.0782
		R2	0.09382648	
	A3	R1	0.03126908	0.0469
		R2	0.0625513	
C6-JP-I	A1	R1	0.23768128	0.1548
		R2	0.07193076	
	A2	R1	0.15324992	0.1048
		R2	0.05629476	
	A3	R1	0.13448126	0.0970
		R2	0.05941928	
C7-JP-I	A1	R1	0.10631489	0.1579
		R2	0.20951124	
	A2	R1	0.12822985	0.0797
		R2	0.03126283	
	A3	R1	0.21889563	0.1829
		R2	0.14697939	

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

3.1.2. Resultados de las propiedades Físicoquímicas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

Tabla 4-3: Propiedades Físicoquímicas en Zonas no Intervenidas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

Código	Prof. (cm)	Color	Textura	pH húmedo	Conductividad en húmedo	pH seco	Conductividad en seco
C1-R1-PA-A1	0-30	2.5YR-2.5/1	Franco arenoso	6.41	285.9	7.37	183.1
C1-R1-PA-A1	30-60	2.5YR-3/1	Franco arenoso	6.4	73.8	7.69	99.9
C1-R1-PA-A2	0-30	2.5YR-2.5/1	Franco arenoso	6.39	99.6	7.61	83.5
C1-R1-PA-A2	30-60	2.5YR-2.5/1	Franco arenoso	6.11	29.4	7.76	31.4
C1-R1-PA-A3	0-30	2.5YR-3/1	Franco arenoso	6.34	74.8	7.66	58.4
C1-R1-PA-A3	30-60	2.5YR-3/1	Franco arenoso	6.25	37.3	7.8	48
C2-R3-PA-A1	0-30	7.5YR-4/1	Areno franco	6.81	41.7	7.59	60.9
C2-R3-PA-A1	30-60	7.5YR-4/1	Franco Limoso	6.72	32.2	8.87	37.4
C2-R3-PA-A2	0-30	7.5YR-3/1	Franco arenoso	6.52	36.1	7.22	55.8
C2-R3-PA-A2	30-60	7.5YR-4/1	Franco Limoso	6.65	47	7.96	35.2
C2-R3-PA-A3	0-30	7.5YR-3/1	Franco	6.64	42.1	7.03	73.3
C2-R3-PA-A3	30-60	7.5YR-5/1	Franco arenoso arcilloso	6.76	28.78	8.26	37.7
C3-R1-PA-A1	0-30	7.5YR-2.5/1	Franco arenoso arcilloso	7.95	7.71	6.74	65
C3-R1-PA-A1	30-60	7.5YR-2.5/1	Franco arenoso	7.12	36.7	9.03	23.63
C3-R1-PA-A2	0-30	7.5YR-2.5/1	Franco arenoso arcilloso	8.26	11.89	8.25	35.6
C3-R1-PA-A2	30-60	7.5YR-3/1	Franco arenoso	7.71	7.18	7.82	22.96
C3-R1-PA-A3	0-30	7.5YR-3/1	Franco arenoso arcilloso	7.19	157.6	8.3	42.3
C3-R1-PA-A3	30-60	7.5YR-2.5/1	Franco arenoso	8.2	7.9	8.05	45.1
C4-R1-JP-A1	0-30	7.5YR-3/1	Franco arcillo limoso	6.41	44.7	6.72	65.1

C4-R1- JP-A1	30- 60	7.5YR- 3/1	Franco arcilloso	6.58	35	6.76	47
C4-R1- JP-A2	0-30	7.5YR- 3/1	Franco arenoso	6.53	64.8	7.04	73.9
C4-R1- JP-A2	30- 60	7.5YR- 3/1	Franco	6.56	38.1	6.83	50.1
C4-R1- JP-A3	0-30	7.5YR- 3/1	Areno franco	6.49	38.2	6.93	125.6
C4-R1- JP-A3	30- 60	7.5YR- 4/1	Franco arcillo limoso	6.66	21.52	6.81	42.2
C5-R2- JP-A1	0-30	2.5YR- 2.5/1	Arena	5.34	29	5.7	60
C5-R2- JP-A1	30- 60	2.5YR- 3/1	Franco arenoso	5.78	44	5.03	54
C5-R2- JP-A2	0-30	10YR- 3/1	Franco arenoso	5.78	24	5.06	60
C5-R2- JP-A2	30- 60	2.5YR- 3/1	Franco areno arcilloso	5.69	25	5.24	41
C5-R2- JP-A3	0-30	2.5YR- 3/1	Franco areno arcilloso	5.41	40	5.52	50
C5-R2- JP-A3	30- 60	2.5YR- 3/1	Franco areno arcilloso	6.07	29	5.21	39

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

Tabla 5-3: Propiedades Fisicoquímicas de los suelos de Pungalá en Zonas Intervenidas.

Código	Prof. (cm)	Color	Textura	pH húmedo	Conductividad en húmedo	pH seco	Conductividad en seco
C1-JP- I-A1	0-30	5YR- 5/2	Franco Limoso	6.56	107.7	6.92	108
C1-JP- I-A1	30- 60	5YR- 4/2	Franco Limoso	6.4	89.3	7.12	108
C1-JP- I-A2	0-30	5YR- 5/2	Franco Limoso	6.53	99.8	7.18	72.5
C1-JP- I-A2	30- 60	5YR- 4/2	Franco Limoso	6.76	79	7.02	81.6
C1-JP- I-A3	0-30	5YR- 4/3	Limo arcilloso	7.85	92.3	7.25	71

C1-JP-I-A3	30-60	5YR-5/2	Franco Limoso	6.44	72.5	7.06	109.8
C2-PA-I-A1	0-30	2,5YR-4/2	Limo arcilloso	6.2	107.2	6.59	100.3
C2-PA-I-A1	30-60	5YR-4/1	Franco Limoso	6.44	78.2	6.85	102.1
C2-PA-I-A2	0-30	5YR4/2	Franco Limoso	6.34	85.9	6.88	63.5
C2-PA-I-A2	30-60	5YR-5/2	Franco Limoso	6.38	80.7	6.58	84
C2-PA-I-A3	0-30	5YR-4/3	Franco Limoso	6.58	93.9	6.68	79.1
C2-PA-I-A3	30-60	5YR-3/3	Limo arcilloso	6.53	87.9	6.7	104.4
C3-JP-I-A1	0-30	7.5YR-3/2	Franco Arcilloso	6.37	282.5	7.55	383
C3-JP-I-A1	30-60	7.5YR-3/2	Franco Arcilloso	6.85	256.9	7.75	345
C3-JP-I-A2	0-30	10YR-3/2	Franco Arcillo Limoso	6.42	79	6.99	189
C3-JP-I-A2	30-60	10YR-3/2	Franco arcillo limoso	6.67	68.3	7.32	114.5
C3-JP-I-A3	0-30	10YR-3/1	Franco limoso	6.29	119.7	7	206
C3-JP-I-A3	30-60	7.5YR-2.5/2	Franco arcilloso	6.8	115.4	7.13	164
C4-JP-I-A1	0-30	7.5YR-4/1	Franco arenoso	7.33	25.81	7.22	108.1
C4-JP-I-A1	30-60	7.5YR-2.5/1	Franco arenoso	7.3	21.87	7.23	55.4
C4-JP-I-A2	0-30	7.5YR-3/1	Franco arenoso	6.86	20.39	7.64	82.4
C4-JP-I-A2	30-60	7.5YR-3/1	Franco arcilloso	7.03	23.76	7.65	46.6

C4-JP-I-A3	0-30	7.5YR-4/1	Franco arcilloso	6.4	86.2	7.24	61.8
C4-JP-I-A3	30-60	7.5YR-4/1	Franco arenoso	7.63	22.9	7.47	82.9
C5-JP-I-A1	0-30	7.5YR-3/1	Franco arcilloso limoso	6.63	49.7	7.24	75.2
C5-JP-I-A1	30-60	7.5YR-3/1	Franco Limoso	6.84	43.7	6.85	62.1
C5-JP-I-A2	0-30	7.5YR-3/1	Franco Limoso	6.82	69.6	6.79	99.5
C5-JP-I-A2	30-60	7.5YR-4/1	Franco arcillo limoso	6.73	54.8	6.86	72.6
C5-JP-I-A3	0-30	7.5YR-3/1	Franco arenoso	6.94	54.5	6.97	91.5
C5-JP-I-A3	30-60	7.5YR-3/1	Franco arcillo limoso	6.75	59.5	6.91	70
C6-JP-I-A1	0-30	5YR-3/1	Franco Limoso	7.19	86.5	6.79	162.1
C6-JP-I-A1	30-60	5YR-2.5/1	Franco Limoso	6.89	72.4	7.56	118.2
C6-JP-I-A2	0-30	5YR-4/1	Franco Limoso	6.79	79.7	7.47	165.8
C6-JP-I-A2	30-60	5YR-3/2	Franco Limoso	6.91	78.2	6.95	125.1
C6-JP-I-A3	0-30	5YR-3/1	Franco Arenoso	6, 1927	85.1	7.6	171.2
C6-JP-I-A3	30-60	5YR-3/1	Franco arenoso	6.75	92.8	7.02	128.8
C7-JP-I-A1	0-30	5YR-4/1	Limo arcilloso	7.15	105.11	7.82	136
C7-JP-I-A1	30-60	5YR-4/2	Limo arcilloso	6.82	82.2	7.83	106.7
C7-JP-I-A2	0-30	5YR-5/2	Franco Limoso	7.15	103	8.48	186.3
C7-JP-I-A2	30-60	5YR-4/2	Franco arenoso	6.72	199.5	7.53	172.7
C7-JP-I-A3	0-30	5YR-4/1	Franco Limoso	6.8	113.2	7.49	216.5
C7-JP-I-A3	30-60	5YR-4/2	Limo arcilloso	6.88	110.8	7.63	161.5

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

3.1.3. Resultados de Materia orgánica, Carbono Orgánico, Humedad y Densidad Aparente de los Suelos de Pungalá

Tabla 6-3: Materia orgánica, Carbono Orgánico, Humedad y Densidad Aparente en Zonas no intervenidas de Suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

Conglomerado	Parcela	Profundidad (cm)	Densidad aparente (g/cm³)	% de humedad	Materia orgánica (g)	Materia orgánica (%)	Carbono orgánico (g)	Carbono orgánico (%)
C1-R1-PA	A1	P-30	0.6574	55.6671	0.8616	18.3	0.50	10.61
		P-60	0.7135	49.1295	0.6596	14.3	0.38	8.32
	A2	P-30	0.6286	53.8531	0.8852	19.5	0.51	11.29
		P-60	0.6784	50.9572	0.6274	15.7	0.36	9.13
	A3	P-30	0.6664	52.2457	0.8345	19.2	0.48	11.15
		P-60	0.6651	49.8732	0.7624	16.8	0.44	9.74
C2-R3-PA	A1	P-30	0.6269	53.1133	0.8484	18.3	0.49	10.63
		P-60	0.7126	50.2614	0.6783	14.3	0.39	8.29
	A2	P-30	0.6423	51.2077	0.8704	18.4	0.50	10.66
		P-60	0.6364	49.5581	0.6847	14.7	0.40	8.50
	A3	P-30	0.6266	52.3125	0.8442	16.5	0.49	9.55
		P-60	0.7038	50.2802	0.7045	15.1	0.41	8.78
C3-R1-PA	A1	P-30	0.4880	63.0806	0.9058	20.5	0.53	11.88
		P-60	0.5392	61.7983	0.7449	16.8	0.43	9.75
	A2	P-30	0.4266	65.6053	1.1674	26.3	0.68	15.25
		P-60	0.3866	67.5569	0.9873	22.0	0.57	12.76

	A3	P-30	0.4153	68.386 6	1.1094	23.2	0.64	13.47
		P-60	0.4209	67.987 9	1.0228	23.5	0.59	13.63
C4-R1-JP	A1	P-30	0.4998	58.648 7	0.9180	19.7	0.53	11.44
		P-60	0.6099	51.239 1	0.7571	16.4	0.44	9.54
	A2	P-30	0.6202	50.266 4	0.8207	17.7	0.48	10.27
		P-60	0.5920	50.131 3	0.7353	15.6	0.43	9.06
	A3	P-30	0.5881	53.827 0	0.9667	20.2	0.56	11.71
		P-60	0.6395	51.905 7	0.8004	15.5	0.46	8.99
C5-R2-JP	A1	P-30	0.4644	62.086 7	1.0742	23.5	0.62	13.62
		P-60	0.4234	63.989 7	1.0173	22.4	0.59	12.99
	A2	P-30	0.5554	57.525 3	0.9622	20.7	0.56	11.99
		P-60	0.5349	58.536 8	0.8372	18.2	0.49	10.56
	A3	P-30	0.5929	55.032 2	0.8711	19.0	0.51	11.01
		P-60	0.5400	59.915 1	1.0884	23.7	0.63	13.78

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

Tabla 7-3: Materia orgánica, Carbono Orgánico, Humedad y Densidad Aparente en Zonas Intervenidas de Suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

Conglomerado	Parcela	Profundidad (cm)	Densidad aparente (g/cm³)	% de humedad	Materia orgánica (g)	Materia orgánica (%)	Carbono orgánico (g)	Carbono orgánico (%)
C1-JP-I	A1	P-30	1.2567	26.839 6	0.2227	4.5	0.13	2.62
		P-60	1.0623	26.345 9	0.2404	4.9	0.14	2.85
	A2	P-30	1.1137	29.596 1	0.2891	6.0	0.17	3.46

		P-60	1.0862	32.244 7	0.2592	5.3	0.15	3.08
	A3	P-30	1.0790	27.736 0	0.2372	4.9	0.14	2.82
		P-60	1.0981	28.903 3	0.2176	4.2	0.13	2.46
C2-PA-I	A1	P-30	1.1727	27.724 7	0.3818	7.8	0.22	4.55
		P-60	1.2128	26.665 5	0.2906	6.1	0.17	3.53
	A2	P-30	1.1322	26.230 7	0.3971	8.2	0.23	4.76
		P-60	1.1707	27.554 5	0.3711	7.7	0.22	4.47
	A3	P-30	1.0408	26.678 9	0.3942	8.1	0.23	4.72
		P-60	1.1786	28.247 3	0.2324	4.8	0.13	2.78
C3-JP-I	A1	P-30	0.9327	31.825 9	0.5318	11.2	0.31	6.47
		P-60	1.0308	33.487 3	0.4432	9.2	0.26	5.35
	A2	P-30	1.0144	34.731 5	0.5782	12.2	0.34	7.05
		P-60	0.8867	34.150 9	0.4419	9.2	0.26	5.36
	A3	P-30	1.0766	33.000 6	0.4700	9.6	0.27	5.58
		P-60	0.9789	36.442 0	0.3428	7.2	0.20	4.16
C4-JP-I	A1	P-30	0.6361	54.911 7	0.7634	16.6	0.44	9.63
		P-60	0.5926	55.635 1	0.8620	18.8	0.50	10.90
	A2	P-30	0.5882	53.897 4	0.6463	13.9	0.37	8.07
		P-60	0.6473	55.803 6	0.7105	15.6	0.41	9.03
	A3	P-30	0.6565	55.174 3	0.6473	13.9	0.38	8.09
		P-60	0.6054	58.334 3	0.6793	15.0	0.39	8.68
C5-JP-I	A1	P-30	0.7621	43.822 7	0.7119	15.2	0.41	8.80
		P-60	0.7853	43.705 8	0.5438	11.4	0.32	6.62

	A2	P-30	0.9926	33.704 5	0.4200	8.6	0.24	5.01
		P-60	0.7755	33.566 9	0.3740	7.6	0.22	4.41
	A3	P-30	0.8104	43.746 5	0.7062	15.1	0.41	8.75
		P-60	0.7989	40.653 3	0.5734	12.1	0.33	7.04
C6-JP-I	A1	P-30	0.8894	37.240 0	0.4867	10.1	0.28	5.88
		P-60	1.0491	25.063 0	0.4284	8.9	0.25	5.14
	A2	P-30	0.9755	29.961 2	0.5231	10.9	0.30	6.35
		P-60	0.7957	33.026 9	0.4406	9.2	0.26	5.31
	A3	P-30	1.1561	25.583 6	0.4447	8.7	0.26	5.02
		P-60	1.0515	24.168 0	0.3186	6.6	0.18	3.80
C7-JP-I	A1	P-30	1.2660	15.904 6	0.1445	2.9	0.08	1.66
		P-60	1.4040	8.4732	0.1099	2.2	0.06	1.29
	A2	P-30	1.4662	12.031 3	0.2168	4.4	0.13	2.56
		P-60	1.5979	3.2689	0.1816	3.8	0.11	2.22
	A3	P-30	1.5027	9.7470	0.2038	4.2	0.12	2.41
		P-60	1.3711	11.304 9	0.1589	3.2	0.09	1.84

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

3.2. Análisis de Respiración Edáfica en la Sub Cuenca del Río Chambo Sector Pungalá

3.2.1. Normalidad en los datos de Respiración edáfica

Siendo la Respiración Edáfica de los suelos de Pungalá la variable respuesta, se le aplica la prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov con Corrección de Lilliefors, para determinar si los datos se distribuyen Normalmente.

Tabla 8-3: Prueba de Normalidad a los datos de respiración edáfica.

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test	
Estadístico	Valor p
0.3549	0.0000

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

La tabla 17-3. define que no existe evidencia suficiente para determinar normalidad en los datos de Respiración Edáfica recolectados en el suelo del páramo sector Pungalá, pues el valor p es cero. Sin embargo, se procede con la realización del ANOVA, para determinar si es la técnica adecuada para ejecutar la comparación.

3.2.2. ANOVA

Se realiza un ANOVA bifactorial teniendo en cuenta a la altitud y zona de intervención como variables explicativas. La Respiración Edáfica es la variable respuesta que pretende compararse con base en las variables explicativas. El modelo estadístico sobre el que se aplican los contrastes de hipótesis resulta ser:

$$Y_{ijl} = \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijl}$$

Los resultados de dicho Análisis se resumen en la tabla 18.

Tabla 9-3: ANOVA bifactorial

Fuente de Variación	Estadístico F	Valor p	Decisión
Zona de Intervención	9.7740	0.0027	Efecto activo (Produce diferencias significativas)
Altitud	1.9850	0.1071	No tiene un efecto activo
Zona de Intervención y Altitud	4.6890	0.0340	Efecto activo

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

Supuestos del ANOVA

3.2.3. Normalidad de los residuos

Para comprobar normalidad en los residuos del ANOVA realizado se les aplica la prueba de Kolmogorov-Smirnov con Corrección de Lilliefors.

Tabla 10-3: Prueba de Normalidad de los residuos de ANOVA.

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test	
Estadístico	Valor p
0.2634	0.0000

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

De acuerdo a los resultados de la tabla 19-3. se puede decir que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de normalidad en los residuos del ANOVA, con lo que no se cumple dicho supuesto.

3.2.4. Varianza Constante (Homocedasticidad)

Para determinar la varianza constante de los residuos del ANOVA se aplica una prueba de Levene.

Tabla 11-3: Prueba para determinar homocedasticidad en los residuos.

Levene's Test for Homogeneity of Variance	
Estadístico	Valor p
30.4960	0.0000

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

En la tabla 20-3. se define un valor p de cero, el cual es mucho menor que los niveles de significancia de uso común, por lo que se puede concluir que se rechaza la hipótesis de igualdad de varianzas entre los residuos del ANOVA.

3.2.5. Independencia de los residuos (Aleatoriedad)

Respecto a la aleatoriedad de los residuos, se puede asumir inicialmente que los datos se distribuyen de manera estocástica debido a que los datos inicialmente fueron obtenidos a partir

de una muestra aleatoria. Pero se puede utilizar una prueba de rachas para definir si en realidad dicha aleatoriedad existe.

Tabla 12-3: Prueba de Aleatoriedad de los residuos.

Test de rachas Wald - Wolfowitz	
Estadístico	Valor p
-0.7121	0.4764

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

A partir de la tabla 21-3. se puede concluir que, los residuos del modelo no rechazan la hipótesis nula de aleatoriedad, puesto que el valor p es 0.4764, mayor que cualquier nivel de significancia.

Los supuestos de normalidad y varianza constante no se cumplen, por lo que los resultados obtenidos a partir del ANOVA no se pueden tomar como válidos aún, para explicar la comparación de la respiración edáfica con relación a la altitud y zona de intervención. Se procede a corroborar las afirmaciones del ANOVA a través de pruebas no paramétricas de comparación de muestras.

3.2.6. Prueba de Kruskal Wallis

El test permite determinar de manera individual que variables independientes resultan producir diferencias significativas de acuerdo a sus categorías, con respecto a la variable respuesta de respiración edáfica, pero basándose en el estimador robusto de la mediana¹.

Tabla 13-3: Resultados de las pruebas de Kruskal Wallis.

Factor	Estadístico	Valor p
Zona de Intervención	6.4784	0.0109
Altitud	0.0507	0.8218

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

Según los resultados de la tabla 22-3. se puede definir que sí existen diferencias estadísticas en el contenido de CO₂ medido en zonas intervenidas, frente al contenido de las zonas no intervenidas, aunque no es una diferencia tan marcada como la obtenida en el ANOVA. En cuanto al factor

¹ Efectos de interacción basados en la mediana solo se puede observar gráficamente, ya que la prueba de Kruskal Wallis no permite analizar si dichos efectos se encuentran activos con una prueba de hipótesis.

altitud, sus categorías no producen diferencias basándose en sus estimadores de la mediana. Para determinar qué diferencias se producen entre los resultados del ANOVA (basado en promedios) y la prueba de Kruskal Wallis (basado en medianas), se procede con la realización de las gráficas de los efectos de los factores en estudio.

3.3. Gráficas de efectos principales

3.3.1. Efecto del factor Zona de Intervención en los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

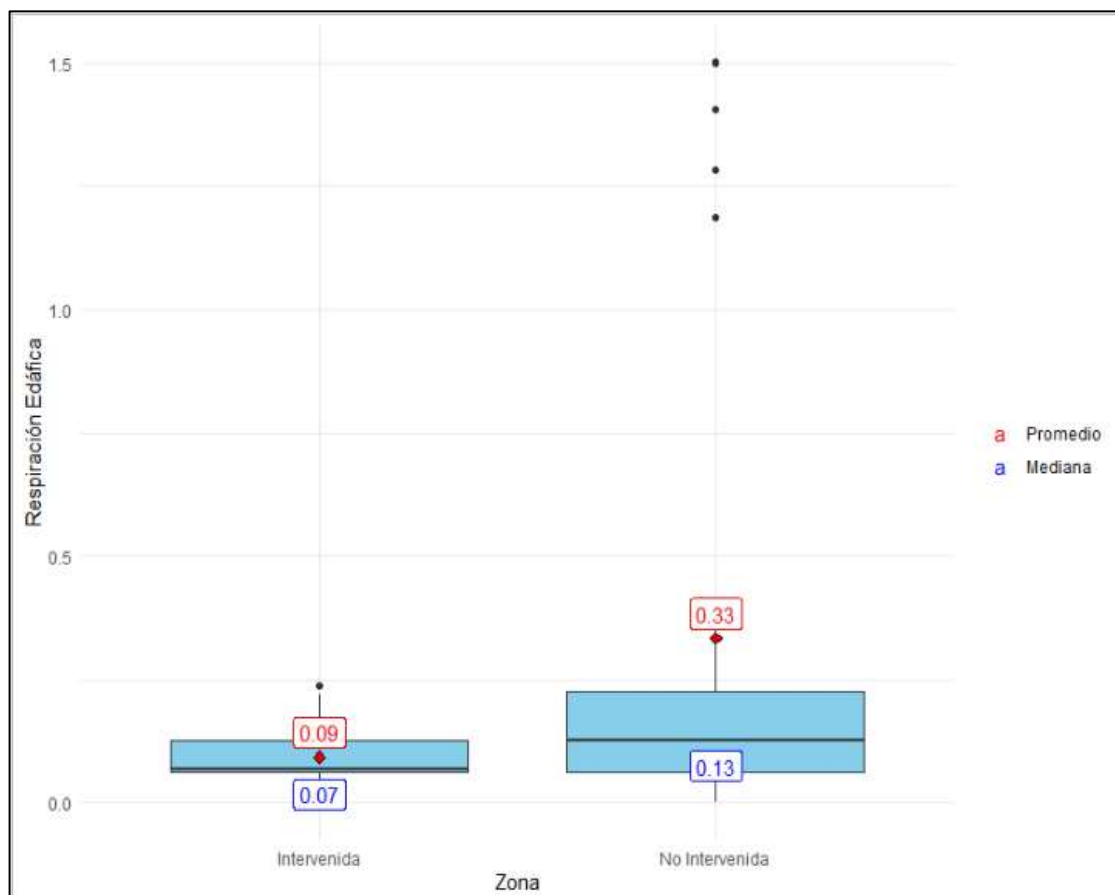


Gráfico 1-3. Respiración edáfica con respecto a la zona de intervención

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021

Realizado por: Abarca J., Zumba A. 2021

Con respecto al gráfico 2-3. referente al efecto activo del factor Zona de Intervención, según el ANOVA y el test de Kruskal Wallis, se puede determinar que en zonas no intervenidas la cantidad de respiración edáfica promedio es de $0.33 \mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, lo cual indica que es mayor frente al promedio observado en las zonas intervenidas $0.09 \mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, y que las zonas no intervenidas cuentan con menor dispersión de los datos de CO_2 , en comparación con los

observados en las zonas intervenidas. Además, se determina que en zonas no intervenidas la mediana de la respiración edáfica corresponde a $0.13 \mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, mayor a la cantidad de las zonas intervenidas $0.07 \mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora. Por lo que, se puede observar que la cantidad de respiración edáfica en las Zonas no Intervenidas es mayor que en las Zonas Intervenidas y esto se corrobora en la investigación realizada por Anzueto y Álvarez (2004, p. 15), en la cual señala que la cantidad de CO_2 edáfico varía dependiendo del uso de la tierra y la fertilidad del suelo.

Además, se observan puntos influenciados por lo que las pruebas no paramétricas resultan las más relevantes al momento de explicar el comportamiento de la respiración edáfica en torno a la zona de intervención.

En este caso, las zonas no intervenidas al tener una cantidad mayor de respiración edáfica indican mayor actividad microbiana debido a que existe una fuente rica en nutrientes y energía para los microorganismos. En el caso de las zonas intervenidas, se justifica que tengan menor cantidad de respiración edáfica debido a que se observaron actividades de sobrepastoreo y cultivos intensivos en los suelos muestreados y tal como lo indica (Vargas y Velasco 2011, p.81) y (Hofstede, 2001, p.12) estas son algunas de las actividades que afectan al suelo y por consiguiente, a sus funciones.

3.3.2. Efecto del factor Altitud en los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

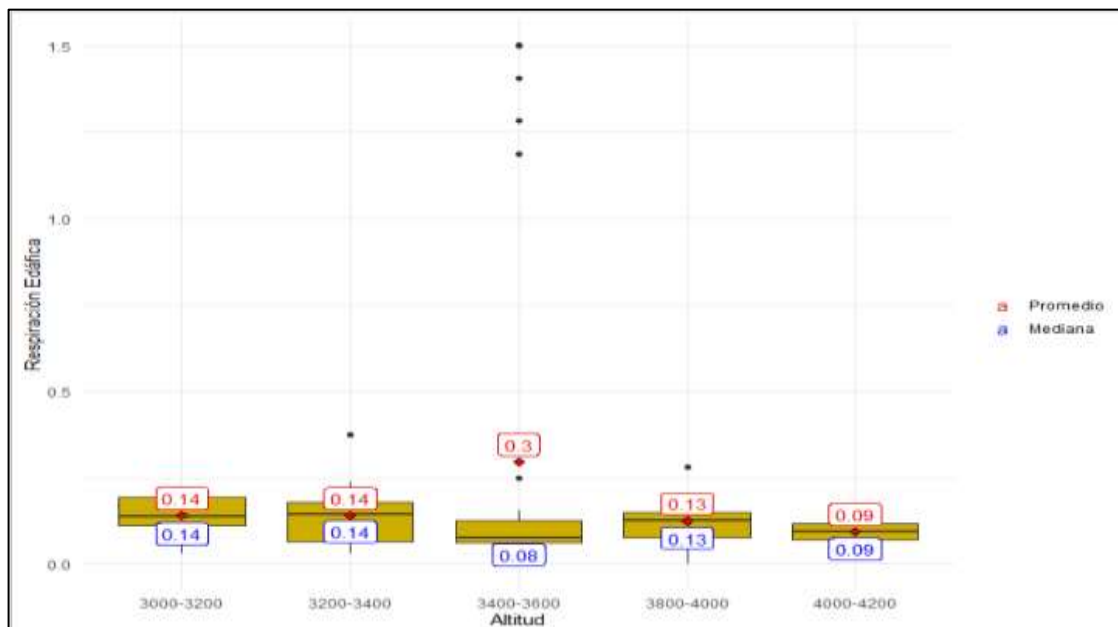


Gráfico 2-3. Respiración edáfica con respecto a la altitud

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021

Realizado por: Abarca J., Zumba Ana. 2021

De acuerdo con el gráfico 3-3, se observa una media de respiración edáfica mayor en los pisos altitudinales de 3000-3200 y 3200-400 m.s.n.m. con valores correspondiente a $0.14 \mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$

por hora. Mientras que en el piso altitudinal de 3800-4000 es de $0.14 \mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora y seguidamente, el piso altitudinal de 4000-4200 proporciona valores de $0.09 \mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora y el piso altitudinal de 3400-3600 presenta valores más bajos de respiración edáfica con un valor de $0,08 \mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora. Según estos datos los pisos altitudinales de 3000-3200 y 3200-400 m.s.n.m, presenta cantidades de CO_2 edáfico muy altas en comparación con los demás pisos altitudinales. Además, al existir datos atípicos con respecto a la media se define que la media no es una manera de acertada de determinar diferencias en este caso. No se observa particularmente un patrón entre los promedios de respiración edáfica de los pisos altitudinales restantes considerados para el estudio, pero sus promedios parecen ser estacionarios, en comparación al piso antes mencionado. Las pasadas suposiciones se corroboran utilizando estimadores robustos como la mediana, puesto que se determina que los datos atípicos del piso altitudinal de 3400 a 3600 metros sobre estiman la tendencia central de la respiración edáfica, la cual, si se utiliza la mediana, en realidad resulta ser la que menores valores de CO_2 determinan, no obstante, la conclusión de igualdad de muestras no varía.

Es decir, la altitud no produce diferencias significativas en la respiración edáfica de los suelos de páramos de Pungalá. Sin embargo, como muestra la gráfica en las zonas intervenidas por el hombre de 3003400 msnm la mediana de la respiración edáfica es mayor que en las zonas no intervenidas (4200) m.s.n.m. Según (Llambí et al., 2012, p.24) la composición de los suelos en el páramos también depende de la altitud, ya que a mayor altitud los suelos poseen mayor cantidad de materia orgánica por lo cual, existe suficiente actividad microbiana en dichos suelos, mientras que a menor altitud existe menor actividad microbiana en los suelos; por el hecho de mantener movimiento de los mismos, durante las actividades de labranza y ganadería.

3.3.3. Efecto de interacción entre la zona de intervención y la altitud en los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

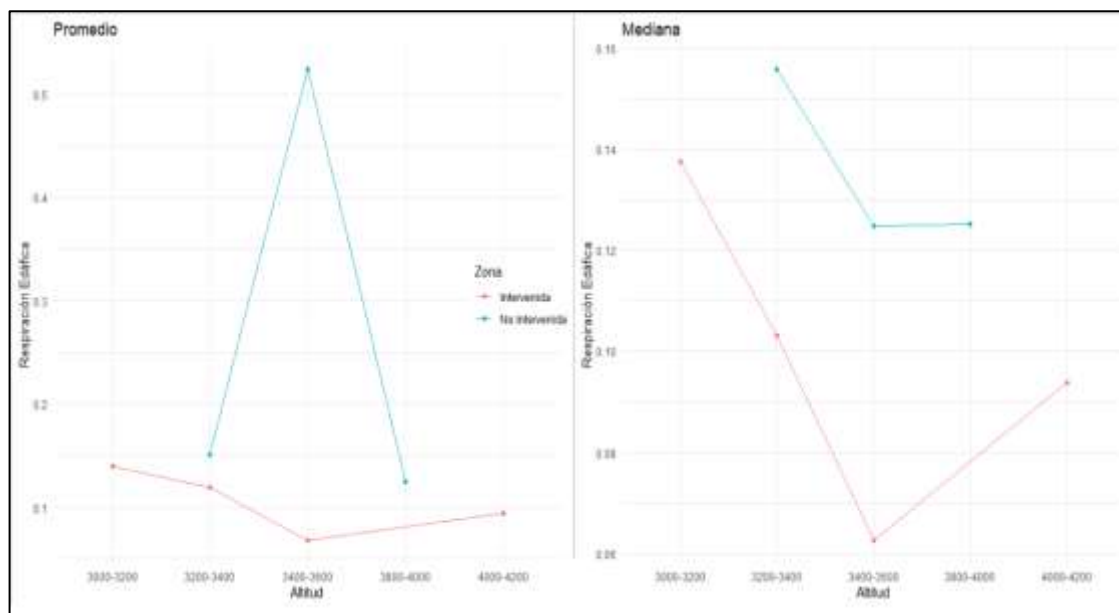


Gráfico 3-3. Interacción entre la Zona de Intervención y la Altitud

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021

Realizado por: Abarca J., Zumba A. 2021

En la tabla 18-3. se determinó un efecto activo entre la altitud y la zona de intervención, en el cual las altitudes lo que se verifica si se utiliza la gráfica de promedios del gráfico 2-3. Pero, dicho efecto queda nulo si se usan los estimadores basados en la mediana, puesto que no se observa ningún efecto relevante en la respiración edáfica, debido a que las tendencias son similares en las zonas intervenidas y no intervenidas.

3.4. Correlación entre propiedades fisicoquímicas de los suelos de Pungalá Sub Cuenca río Chambo.

Para analizar las relaciones lineales existentes entre las propiedades fisicoquímicas del suelo, se debe analizar su distribución para definir un estadístico adecuado para su análisis. Entonces se procede a definir la normalidad de los datos de conductividad, pH, porcentaje de humedad, densidad aparente, porcentaje de materia orgánica y porcentaje de carbono orgánico; recordando que la respiración edáfica no se distribuye de manera normal.

Tabla 14-3: Pruebas de Normalidad en propiedades físico químicas del suelo de Pungalá.

Variable	Estadístico	Valor p	Decisión
Conductividad	0.1437	0.0008	No se distribuye normal

pH	0.1342	0.0026	No se distribuye normal
Porcentaje de Humedad	0.1674	0.0000	No se distribuye normal
Densidad Aparente	0.1559	0.0002	No se distribuye normal
Porcentaje de materia orgánica	0.1010	0.0659	Se distribuye normal
Porcentaje de carbono orgánico	0.1010	0.0659	Se distribuye normal

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021.

Realizado por: Abarca Jennyfer; Zumba Ana, 2021.

Debido a que existen variables que se distribuyen de manera no normal en la tabla 22-3. se puede determinar al coeficiente de correlación de Spearman (coeficiente no paramétrico) para establecer relaciones lineales entre las variables.

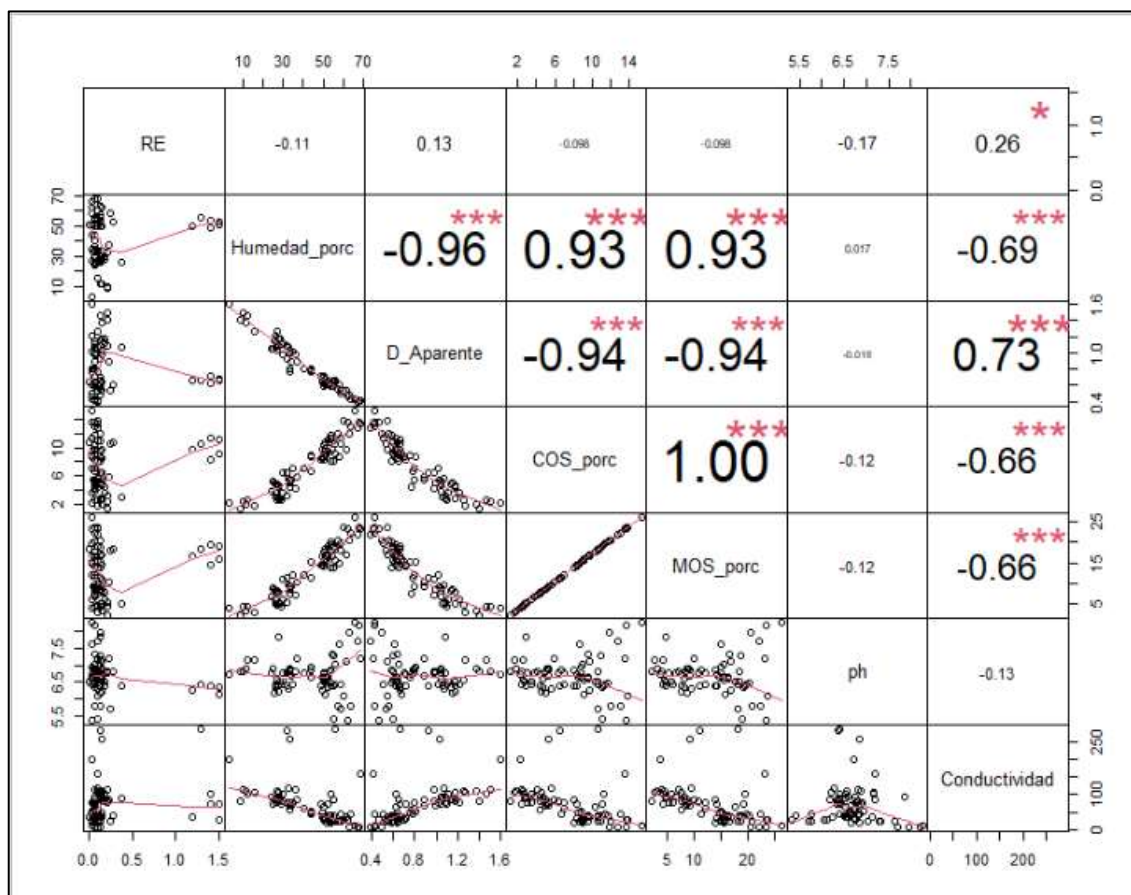


Gráfico 4-3. Correlación de Spearman relacionado de las propiedades fisicoquímicas de muestras de suelo de Pungalá.

Fuente: GIDAC ESPOCH, 2021

Realizado por: Abarca J., Zumba A. 2021

Referente a los resultados del gráfico 5-3. se puede definir que existe una relación perfecta entre el porcentaje de carbono orgánico frente al porcentaje de materia orgánica del suelo (1.00).

También se puede definir que existe una relación fuerte y directamente proporcional entre las variables porcentaje de humedad y porcentajes de carbono y materia orgánica (0.93) y entre la densidad aparente y la conductividad (0.73). Mientras que también existen relaciones lineales fuertes, pero inversamente proporcionales entre las variables porcentaje de humedad y densidad aparente (-0.96), entre la densidad aparente y los porcentajes de carbono y materia orgánicos del suelo (-0.94).

La respiración edáfica detectada en el sector de Pungalá se relaciona débilmente con todos los factores fisicoquímicos del suelo, siendo su relación más relevante, la que presenta con la conductividad eléctrica del suelo con un valor de 0.26. Este valor, se debe a las actividades antrópicas (ganadería, cultivos, etc.) realizadas en los suelos de Pungalá, pues estos son tratados con fertilizantes los cuales conllevan a un leve incremento de la salinidad del suelo. Esto se corrobora con la investigación realizada por (Morales, 2020, p.64-66) ya que, su estudio presenta una relación regular entre la respiración edáfica del suelo y la conductividad eléctrica, a la vez indica que esta relación se debe a las actividades antropogénicas del suelo. Así mismo, el estudio realizado por (USDA, 1999, p.59-61), indica que la conductividad eléctrica del suelo se ve influenciada por la temperatura pues, a medida que esta aumenta la conductividad también.

No obstante, los resultados obtenidos se producen debido a la gran cantidad de datos atípicos que se determinaron a partir de los análisis de las muestras de suelo de Pungalá.

Los valores de pH medidos a nivel de laboratorio en su mayoría fueron cercanos al neutro, esto favorece al crecimiento de los microorganismos del suelo. Sin embargo, en esta investigación la correlación fue débil.

CONCLUSIONES

- Se determinó la respiración edáfica en los suelos intervenidos y no intervenidos de páramo de Pungalá Sub cuenca río Chambo, siendo las zonas no intervenidas las que presentan mayor cantidad de CO₂ edáfico (0.33 ug CO₂-C/g por hora en promedio) en relación a las intervenidas (0.09 ug CO₂-C/g por hora en promedio). De esta manera se acepta la hipótesis general “Existe diferencia significativa en la cuantificación de la respiración edáfica en zonas intervenidas y no intervenidas de los suelos de la Sub cuenca del Río Chambo sector Pungalá”. Es decir, las actividades antrópicas si afectan a la respiración edáfica en menor o mayor grado dependiendo de las actividades que en este se realicen.
- En las zonas intervenidas de los suelos de la subcuenca del río Chambo sector Pungalá (5 conglomerados); se encontró los valores más altos en el conglomerado de código C1-JP-I (siendo C1 el número de conglomerado, JP la litología y la I que indica que es una zona intervenida) con un promedio de 0.17646 ug CO₂-C/g por hora), esto indica que el suelo no es afectado drásticamente debido a que en estas zonas no se encontraron evidencias de actividades antrópicas como cultivos, incendios o sobrepastoreo, y en una de ellas en específico se encontró la presencia de urea, misma que incrementa la actividad microbiana. Por otro lado, en el conglomerado C5-JP-I se determinaron los valores más bajos (0.057333 ug CO₂-C/g por hora en promedio) ya que estos lugares eran utilizados mayoritariamente para el pastoreo, lo que indica que esta actividad si reduce considerablemente la respiración edáfica.
- El conglomerado que presentó valores mayores de CO₂ en las zonas no intervenidas de los suelos de la subcuenca del río Chambo sector Pungalá fue el C1-R1-PA (donde: C1 el número de conglomerado, R el rango altitudinal y PA la parcela) con un promedio de 1.380733 ug CO₂-C/g por hora), este valor indica que, al ser zonas no intervenidas por el hombre, los suelos son mayoritariamente conservados y en el caso del valor más bajo obtenido en C4-R1-JP (0.0573333 ug CO₂-C/g por hora) se justifica ya que en estas zonas se hallaron restos de pajonal quemado.
- Mediante el coeficiente de correlación de Spearman se establecieron las relaciones lineales entre las variables; la respiración edáfica detectada en el sector de Pungalá se relaciona débilmente con todos los factores fisicoquímicos del suelo (% de humedad, densidad

aparente, materia orgánica, carbono orgánico y pH), siendo su relación más relevante, la que presenta con la conductividad eléctrica del suelo (0.26).

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones constantes a cerca de respiración edáfica y materia orgánica en los ecosistemas de los páramos de Chimborazo, por lo menos de uno o dos años de estudio ya que sus datos aportarían con información relevante sobre el estado y manejo de los mismo.
- Estudiar la biodiversidad del suelo mediante herramientas moleculares que permitan entender a fondo el funcionamiento de los microorganismos.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, J; et al. "Actividad microbiana en Tepetate con incorporación de residuos orgánicos". *Redalyc* [en línea], 2000, (México) 34(5), pp. 11.[Consulta: 22 enero 2021]. ISSN 1405-3195. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30234501.pdf>.

ANZUETO, M; & ÁLVAREZ, J. "Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México". *Agrociencia* [en línea], 2004, (México) 38(1), pp.13-22. [Consulta: 22 enero 2021]. ISSN 1405-3195. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30238102.pdf>.

AVPA,. *Aspectos Edáficos* [en línea]. 2010. S.l.: s.n. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/pastos_nativos/capitulo2.pdf.

BELTRÁN, K. *Distribución Espacial y Caracterización Florística de los Páramos del Ecuador* [en línea]. 2011. S.l.: s.n. Disponible en: https://www.portalces.org/sites/default/files/references/002_Beltran.%202011.Caracterizacion%20vegetacion%20ecaudor%20paramundi.pdf.

BENJAMÍN, J; & MASERA, O. "Captura de carbono ante el cambio climático". *Redalyc*[en línea], 2001, (México) 7(1), pp.8. [Consulta: 22 enero 2021]. ISSN 1405-0471. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>.

BLOEM, J; et al. *Microbiological Methods for Assesing Soil Quality* [en línea]. S.l.: CABI. 1958, ISBN 0-85199-098-3. [Consulta: 8 de Febrero del 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Bloem%20J,%20et%20al,%20%202006%20Microbiological%20Methods%20for%20Assesing%20Soil%20Quality%202005,%20BOOK.%20%20CALCULATION.pdf>.

BRAGADO, R. *Respiración Edáfica Basal* [Blog]. 2017. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://www.tiloom.com/respiracion-edafica-basal/>.

BUSTAMANTE, M; et al. "Los páramos de Chimborazo". [en línea], 2011, (Ecuador) pp. 152. [Consulta: 21 enero 2021]. ISSN 9978-9940-8. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56619.pdf>.

CAMACHO, M. "Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible". *Revista Digital* [en línea], 2017, (Ecuador) 372(1), pp. 77-92. [Consulta: 21 enero 2021]. ISSN 1390-7891. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/article/view/1241>.

CARANQUI, J; et al. *Diversidad y Similitud de los Páramos de la Provincia de Chimborazo en Ecuador* [en línea]. 2010. S.l.: s.n. [Consulta: 13 febrero 2021]. Disponible en: http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/3855/1/ParamoChimborazo_Caranqui.pdf.

CÁRDENAS FONSECA, Myriam Sthephania. Evaluación de la Calidad de los suelos de Páramos Intervenidos y no Intervenidos en la Comuna Monjas Bajo, Parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe [en línea]T (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica Salesiana de Quito. Quito, Ecuador. 2015. pp. 15-28. [Consulta: 23 enero 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/UPS-QT07111.pdf>.

CASANOVA, E. "Relación entre la física y la fertilidad de los suelos". *Researchgate* [en línea], 2007, (Venezuela) pp. 42-56. [Consulta. 22 enero 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/CasanovayLobo.Venesuelos.2007.pdf>.

CASTILLO, L; et al. "Contenidos de carbono orgánico en suelos bajo diferentes coberturas vegetales y de cultivo". *Cultivos Tropicales* [en línea], 2016, (Cuba) 37(3), pp. 72-78. [Consulta: 20 enero 2021]. ISSN 0258-5936. DOI 10.13140/RG.2.1.2035.4805. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S025859362016000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

CESA,. *El cambio climático y el agua* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: http://cesa.org.ec/wp-content/uploads/2018/06/boletin_07.pdf.

CHATTERJEE, A; et al. "Evaluation of Different Soil Carbon Determination Methods". *Critical Reviews in Plant Sciences* [en línea], 2009, (EE.UU) 28(3), pp. 164-178. [Consulta: 2 marzo 2021]. ISSN 0735-2689, 1549-7836. DOI 10.1080/07352680902776556. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07352680902776556>.

CIANCAGLINI, N. *Guía para la determinación de textura de suelos* [en línea]. 2009. S.l.: s.n. [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\(R001\)%20Gu%C3%ADa%20para%20la](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20(R001)%20Gu%C3%ADa%20para%20la)

%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf.

CONTRIBUCIÓN DEL COMITÉ DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO, *Aportes a la planificación para la gestión integral de los recursos hídricos* [en línea]. 2015. S.l.: Imprefepp. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: <http://cesa.org.ec/wp-content/uploads/2018/07/aportes-a-la-planificac3b3n-para-la-girrh-presentado-3.pdf>.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, *Soil Color Charts* [en línea]. 1994. S.l.: s.n. [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.southsuburbanairport.com/Environmental/pdf2/Part%204%20References/Reference%2016%20Munsell%20Color%20Charts/MunsellColorChart.pdf>.

DÍAZ, M; et al. "Páramos: Hidro sistemas Sensibles". *Redalyc* [en línea], 2005,(Colombia) 22, pp. 64-66. [Consulta: 21 enero 2021]. ISSN 0121-4993. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1210/121014219007.pdf>.

DURANGO, W; et al. "Respiración, biomasa microbiana y actividad fosfatasa del suelo en dos agroecosistemas y un bosque en Turrialba, Costa Rica". *Agronomía Costarricense* [en línea],2015, (Costa Rica) 39(1). [Consulta: 20 enero 2021]. ISSN 2215-2202, 0377-9424. DOI 10.15517/rac.v39i1.19543. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/19543>.

FAO, *Guía para la descripción de Suelos* [en línea]. 2009. S.l.: s.n. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.

FAO, *Insignia de los Suelos*. [en línea]. 2017, pp.31. Bogotá: Food & Agriculture Org. [Consulta: 20 enero 2021]. ISBN 978-92-5-308433-3. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3855s.pdf>.

FERNÁNDEZ, L. *Manual para la formación en medio ambiente* [en línea]. España: Lex Nova, 2008. ISBN 978-84-9898-027-1. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=J7rMDpW49ZQC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=F%C3%A9rnandez,+Ladreda.+2008.+Manual+para+la+formaci%C3%B3n+en+Medio+Ambiente.+Espa%C3%B1a:+Lex+Nova,+2008.&source=bl&ots=iy0S6L9yS&sig=ACfU3U15CnFrX2oSQUngqMHYR0pUgjcNyw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwienr_4mK7uAhXKRzABHcT3AQQQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q=F%C3%A9rnandez%20%20Ladreda.%202008.%20Ma

nual%20para%20la%20formaci%C3%B3n%20en%20Medio%20Ambiente.%20Espa%C3%B1a%20%3A%20Lex%20Nova%2C%202008.&f=false.

FLORES, L. *Manual de Procesos Analíticos: Laboratorio de Física de Suelos* [en línea]. 2010. S.l.: s.n.[Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>.

FORSYTHE, W. *Manual de Laboratorio, Física de Suelos* [en línea]. S.l.: Bib. Orton IICA / CATIE. 1975. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=C5kOAQAIAAJ&pg=PA26&dq=Gavande,+S.+1969.+F%C3%ADsica+de+los+suelos.&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjfx7_4xbDuAhXszVkKHQf4AKMQ6AEwAnoECAUQAg#v=onepage&q=Gavande%2C%20S.%201969.%20F%C3%ADsica%20de%20los%20suelos.&f=false.

GAD PARROQUIAL PUNGALÁ, *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pungalá* [en línea]. 2015. S.l.: s.n. [Consulta: 23 enero 2021]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660826440001_INFORME%20DE%20DIAGNOSTICO%20FINAL_14-05-2015_18-47-36.pdf.

GAD RIOBAMBA, *Plan de Desarrollo Cantonal Riobamba* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. [Consulta: 23 enero 2021]. Disponible en: <http://www.epemapar.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/plandesarrollocantonal.pdf>.

GALLARDO, G. *Ecología | Ecosistema. Scribd* [en línea]. 2017. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/358800239/164004-01-28>.

GONZÁLEZ, A. "Manejo de Recursos Naturales en Chimborazo". [en línea], 2019, (Ecuador) pp. 2. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca5266es/CA5266ES.pdf>.

GUZMÁN, G; et al. "CO₂ microbiano edáfico en un bosque de Abies religiosa (Kunth) Schltdl. & Cham. en la Ciudad de México". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2020, (México) 11(57), pp. 2. [Consulta: 20 enero 2021]. ISSN 2448-6671. DOI 10.29298/rmcf.v11i57.552. Disponible en: <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/552>.

HERNÁNDEZ, A; et al. *El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo* [en línea]. S.l.: Univ. Autónoma de Nayarit. 2008. ISBN 978-968-833-072-2. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=LdIARhjVZN4C&printsec=frontcover&dq=qu%C3%ADmica+de+los+suelos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiK1ruCncnuAhU6QTABHRRFBXw4MhDoATABegQIAxAC#v=onepage&q=qu%C3%ADmica%20de%20los%20suelos&f=false>.

HOFSTEDE, R. *El impacto de las Actividades Humanas Sobre el Páramo* [en línea]. 2001. [Consulta: 23 enero 2021]. S.l.: s.n. Disponible en: https://www.portalces.org/sites/default/files/references/095_Hofstede%202001%20Paramo%20Ecuador%20impacto.pdf.

LEFÈVRE, C; et al. *Carbono Orgánico del Suelo* [en línea]. 2017, pp.1. S.l.: s.n. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/b-i6937s.pdf>.

LLAMBÍ, L; et al. *Páramos Andinos* [en línea]. 2012, pp. 183-232. S.l.: s.n. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>.

MARTÍNEZ, E.; FUENTES, J; & ACEVEDO, E. "Carbono orgánico y propiedades del suelo". *Scielo* [en línea], 2008, (Chile) 8(1), pp. 25. ISSN 0718-2791. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006.

MARTÍNEZ SALCEDO, Luis Eduardo. Tasa anual de respiración edáfica en cuatro usos de suelo en el campus de la Universidad de Sucre – Sede Puerta Roja. [en línea]. (Trabajo de titulación). Colombia, 2017, pp. 92. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: [alcedo, Luis . 2017. Tasa anual de respiración edáfica.](#)

MENA, Patricio; & HOFSTEDE, Robert. "06ParamosEcuatorianos". [en línea], 2006, (Ecuador) 109(91), pp. 19. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE,. *Política para la gestión sostenible del suelo* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. ISBN 9789588901244. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: http://www.andi.com.co/Uploads/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR,. *Evaluación Nacional Forestal* [en línea]. 2012. S.l.: s.n. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Manual-2012-Bosques-liviano-9.pdf>.

MOEBIUS, B; et al. *Comprehensive Assessment of Soil Health* [en línea]. 3. S.l.: Cornell University. 2016. ISBN 0-9676507-6-3. [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Comprehensive%20assessment%20Soil%20Health.pdf>.

MORA, J. *La actividad microbiana: Un Indicador Integral de la Calidad del Suelo* [en línea]. 2006. S.l.: Lunazul. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul5_6_9.pdf.

MORALES MORALES, Segundo Gregorio. Relación de la respiración edáfica con las propiedades fisicoquímicas de los suelos de la microcuenca del río Guano, Provincia de Chimborazo [en línea]. (Trabajo de titulación), Ecuador-Riobamba: ESPOCH, 2020, pp.42-49. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14255/1/156T0012.pdf>

MURCIA, M. "Respiración del suelo y caída de hojarasca en el matorral del bosque altoandino (Cuenca del río Pamplonita, Colombia)". *Unal* [en línea], 2012, (Colombia) pp. 20. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/download/36434/38146>.

NAVARRO, S; & NAVARRO, G. *Química Agrícola* [en línea]. Segunda. Madrid: Mundi-Prensa. 2003, pp. 15-20. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/QUIMICA-AGRICOLA.pdf>.

NÚÑEZ, J. *Fundamentos de Edafología* [en línea]. EUNED. San José, Costa Rica: EUNED. 1998, pp. 143. ISBN 978-9977-64-148-5. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=dpAcHU7xxoC&pg=PA6&dq=N%C3%BA%C3%B1ez,+Jorge.+1981.+Fundamentos+de+Edafolog%C3%ADa.&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjbxm_prDuAhXlx1kKHSrhAEQ6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q=N%C3%BA%C3%B1ez%20%2C%20Jorge.%201981.%20Fundamentos%20de%20Edafolog%C3%ADa.&f=false.

ORTEGA, L; & GRISOLÍA, S. *El Suelo, Edafología* [en línea]. 2012. S.l.: s.n.[Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: http://roble.pntic.mec.es/lorg0006/dept_biologia/archivos_texto/ctma_t10_suelo.pdf.

PALMA, D. Evaluación de la actividad biológica (respiración y biomasa microbiana) como indicadores de la salud de suelos ubicados en San Joaquín, estado Carabobo. [en línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. 2011. pp. 9. Disponible en: <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/2777/TEG%20Derlys%20Palma.pdf?sequence=1>.

PARRAS, Manuel; et al. *El olivar ecológico* [en línea]. Mundi-Prensa. Sevilla: Editorial Paraninfo, 2012. ISBN 978-84-8476-428-1. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=RpdXsesgaoUC&pg=PA288&dq=factores+abioticos:%20+humedad+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiRtLbo35DrAhWkneAKHbk9CLEQ6A%20EwA3oECAUQA#v=onepage&q=factores%20abioticos%3A%20humedad%20del%20suelo&f=false>.

PORTA, J.; LÓPEZ, M; & POCH, R. *Edafología: uso y protección de suelos* [en línea]. 4. Cataluña: Mundi-Prensa Libros, 2019. ISBN 978-84-8476-750-3. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=sZ3BDwAAQBAJ&pg=PA165&dq=el+color+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwja7f_tscnuAhXKSTABHSSAr84ChDoATAEegQIBhAC#v=onepage&q=el%20color%20del%20suelo&f=false.

PORTALFRUTICOLA,. *Tabla Munsell y su correcto uso de en la descripción de los suelos.* [blog]. Santiago de Chile: Portalfruticola, 2016. [Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/05/21/el-correcto-uso-de-tabla-munsell-en-la-descripcion-de-los-suelos/>.

RAMÓN, M.; MANUEL, J; & ASENSIO, I. *Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos* [en línea]. 2010. S.l.: s.n.[Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8008/Color%20del%20suelo.pdf>.

ROSA, D. *Evaluación agro-ecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible* [en línea]. Mundi-Prensa. Madrid: Editorial CSIC - CSIC Press. 2008. ISBN 978-84-00-08650-3. [consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=M-ED1W3t2BEC&pg=PA6&dq=composicion+del+suelo,+DIEGO+ROSA+2008&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi8uzForDuAhXB01kKHVNGDGYQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=composicion%20del%20suelo%2C%20DIEGO%20ROSA%202008&f=false>.

RUCKS, L; et al. *Propiedades físicas del suelo* [en línea]. 2004. S.l.: s.n. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>.

SANDOVAL, M; et al. "El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global". *Redalyc* [en línea], 2003, (Chile) 12(1). ISSN 0717-196X. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/299/29901206.pdf>.

STEPHEN, N; & THOMAS, W. *Fire and the Environment: Ecological and Cultural Perspectives* [en línea]. Tennessee: Southeastern Forest Experiment Station. 1990. [Consulta: 13 febrero 2021]. Disponible en: https://www.nps.gov/seki/learn/nature/upload/gtr_se069.pdf.

TELÉGRAFO, E. Suelos de Páramos. *El Telégrafo* [en línea]. 2014. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/existen-299-827-hectareas-de-paramos>.

THOMPSON, L.M; & TROEH, F.R. *Los suelos y su fertilidad* [en línea]. Everté. Barcelona: Reverte, 1988. ISBN 978-84-291-1041-8. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=AegjDhEIVAQC&printsec=frontcover&dq=\(Louis+thompson+2008\).+los+suelos+y+su+fertilidad&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjlcOrqLDuAhXtuFkKHT1ODVcQ6AEwAHoECAUQA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=AegjDhEIVAQC&printsec=frontcover&dq=(Louis+thompson+2008).+los+suelos+y+su+fertilidad&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjlcOrqLDuAhXtuFkKHT1ODVcQ6AEwAHoECAUQA#v=onepage&q&f=false).

USDA,. *Guía para la Calidad y Salud del Suelo* [en línea]. 1999. S.l.: Solvita. [Consulta: 23 enero 2021]. Disponible en: http://solvita.com/pdf-files/USDA-soil_spanish_short.pdf.

VARGAS, O; & VELASCO, P. "Reviviendo nuestros páramos". *Flacsoandes* [en línea], 2011, pp. 181. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56494.pdf>.

VÁSCONEZ, P; et al. *Gente y ambiente de páramo: realidades y perspectivas en el Ecuador [en línea]. Quito, Ecuador: EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino : Abya-Yala : Condesa : GEF : PNUMA*, 2001. ISBN 978-9978-22-823-4. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <http://openbiblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/49243.pdf>. QH123 .G46 2009

VÁSQUEZ, J; et al. "Respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el Departamento del Magdalena, Colombia". *Bioagro* [en línea], 2013, (Colombia) 25(3), pp. 175-180. [Consulta: 22 enero 2021]. ISSN 1316-3361. Disponible en:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1316-33612013000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

VERWEIJ, P; & KOK, K. "Effects of fire and grazing on *Espeletia hartwegiana* populations". *ResearchGate* [en línea], 1992, (Holanda) pp. 216-229. ISSN 0-12-460442-0. [Consulta: 23 enero 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/EffectsoffireandgrazingonEspeletiahartegianapopulations.pdf>.

YÁÑEZ, M; et al. "Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de la tierra". *Scielo* [en línea], 2017, (México) 8(42), pp. 17. [Consulta: 22 enero 2021]. ISSN 2007-1132. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322017000400123.

ANEXOS

ANEXO A. Reconocimiento de la zona de muestreo.



Páramo de Pungalá



Pajonal



Pastizal

ANEXO B. Fase en laboratorio-preparación de materiales y soluciones.



Preparación de materiales para Respiración Edáfica



Preparación de Soluciones (Hidróxido de Sodio, Ácido Clorhídrico, Cloruro de Bario y Fenolftaleína).



Conservación de las Soluciones



Medición de altura y diámetro del Cilindro para Densidad Aparente

ANEXO C. Fase de campo.



Acampada Sector Laguna Negra



Recolección de Muestras para Respiración Edáfica



Recolección de muestras para determinación de Propiedades fisicoquímicas



Recolección de muestras para determinación de Propiedades fisicoquímicas



Perforación del suelo con excavadora



Recolección de muestras para Densidad Aparente



Recolección de muestras para densidad aparente



Homogeneización de las muestras



Envoltura de las muestras



Etiquetado de muestras

ANEXO D. Análisis de muestras de suelo en el laboratorio (respiración edáfica).



Etiquetado de frascos para Respiración Edáfica



Colocación de Suelo en los frascos



Colocación de Hidróxido de Sodio a 1M



Frascos Cerrado herméticamente.



Pre incubación de muestras de suelo



Reemplazo de vaso con Sol. De Hidróxido de Sodio 0.1M



Incubación



Titulación



Colocación del Cloruro de Bario



Colocación del Indicador



Cambio de Coloración



Titulación finalizada

ANEXO E. Análisis de muestras de suelo en el laboratorio (parámetros fisicoquímicos).



Separación de muestras según la zona de muestreo



Secado de Muestras a Temperatura Ambiente



Preparación de muestras para pH y Conductividad Eléctrica



Medición de pH y Conductividad Eléctrica



Etiquetado de tarrinas para Densidad Aparente



Remoción de suelo del cilindro hacia la tarrina



Secado de muestras a Estufa (T=105°C)



Colocación de las muestras en el DeseCADOR



Determinación de Textura



Determinación de Textura



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**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: 16 / 08 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Jennyfer Cristina Abarca Yáñez Ana Lucía Zumba Maliza</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Química</i>
Título a optar: <i>Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>



1344-DBRA-UTP-2021