



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA QUÍMICA

**“DETERMINACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA
EN ZONA ALTA DEL CANTÓN CHAMBO,
PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

QUÍMICA

AUTORAS: MIRIAM ELIZABETH JUMBO NARVÁEZ

ELIZABETH JOHANNA MONAR TRUJILLO

TUTORA: Ing. NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL PhD.

Riobamba - Ecuador

2021

©2021, Jumbo Narváez Miriam Elizabeth & Monar Trujillo Elizabeth Johanna.

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, MIRIAM ELIZABETH JUMBO NARVÁEZ Y ELIZABETH JOHANNA MONAR TRUJILLO, declaramos que el presente trabajo de titulación 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 titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de agosto de 2021



Miriam Elizabeth Jumbo Narváez

060548720-6



Elizabeth Johanna Monar Trujillo

180467907-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Investigación, **DETERMINACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA EN ZONA ALTA DEL CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**, realizado por las señoritas: **MIRIAM ELIZABETH JUMBO NARVÁEZ Y ELIZABETH JOHANNA MONAR TRUJILLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación. El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: ANDRES AGUSTIN BELTRAN DAVALOS	20/08/2021
Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval PhD. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado digitalmente por NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL SANDOVAL Fecha: 2021.09.10 11:46:12 -05'00'	20/08/2021
Dra. Magdy Mileni Echeverría Guadalupe PhD. MIEMBRO DE TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MAGDY MILENI ECHEVERRIA GUADALUPE	20/08/2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación primero a Dios y a la Virgen del Cisne que me han brindado la vida, la sabiduría y me han dado la fortaleza para culminar mi carrera universitaria, por cuidarme y protegerme. A mis padres, Ligia y Juan, quienes me formaron con valores y me impulsaron día a día para alcanzar mis metas, por enseñarme a no rendirme en momentos difíciles. A mis queridas hermanas, Geovanna, María y Anahy, por la paciencia que me han brindado, por la motivación y constancia. A mi hijo quien es mi fortaleza para alcanzar cada meta y cada sueño, por brindarme su amor y alegría.

Miriam J.

Quiero dedicar este trabajo a mi madre Rosario Trujillo y a mi padrastro Luis Veloz quienes me inculcaron buenos valores, me enseñaron a levantarme cada día para ser más fuerte en cada situación difícil, me ayudaron muchísimo a seguir adelante para poder culminar mi carrera universitaria. A mi hermana Janina Monar que, con su compañía, amor, carisma supo siempre animarme para seguir luchando por mi sueño y en ayudarme en los momentos más difíciles de la universidad. A toda mi familia en general con su apoyo incondicional que tuve cada día fueron de gran ayuda para mantenerme fuerte y enfocada en cumplir mis metas y por supuesto a dios que me ha dado la fortaleza para cumplir mi sueño.

Elizabeth M.

AGRADECIMIENTOS

Estas palabras de agradecimiento son para todas las personas que estuvieron y fueron parte del proceso para culminar mi carrera universitaria.

En primer lugar, le agradezco a Dios, por la vida, la sabiduría y el don del entendimiento, gracias por la vida de mis padres y hermanas. Gracias Dios por permitirme amar a mis padres y gracias a mis padres por permitirme conocer a Dios y de su infinito amor.

A mis padres, Ligia y Juan, por ser los principales promotores de mis sueños. Gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme en cada larga y agotadora noche de estudio. Gracias a mi padre por siempre anhelar y ayudar a lograr lo mejor para mi vida. Gracias por cada consejo, por cada palabra que hicieron de mí una mujer luchadora y que hoy gracias a su apoyo incondicional he culminado una meta más.

A mis hermanas, Geovanna, María y Anahy por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mi hijo, Leandro, quien es mi motor y mi principal motivación para levantarme cada mañana a luchar y esforzarme por el presente y el mañana. Gracias por tanto amor y paciencia.

Les agradezco de forma especial a mis docentes de la carrera, que durante estos años de aprendizajes fueron guías y formadores de profesionales. A mi tutora Dra. Norma Erazo, a mi asesora Dra. Magdy Echeverría y a todos los ingenieros de laboratorio y de campo que son parte del grupo de investigación GIDAC-ESPOCH.

Miriam J.

Primero, quiero agradecer a Dios por bendecirme día a día, por tener mucha fé y poder llegar a cumplir un sueño que tanto he anhelado.

Gracias a mi mamá Rosario Trujillo que siempre ha estado en malos momentos conmigo considero que es un gran ejemplo para mí, gracias por cada consejo que me ha dado a cumplir mi sueño.

Gracias a mi padrastro Luis Veloz inculcándome a seguir adelante, ayudándome cada día de estudio. Gracias a ellos estoy alcanzando mis metas con mucho orgullo y esfuerzo, gracias por confiar en mí. Les debo un eterno agradecimiento por su gran amor y ayuda incondicional.

Agradezco también a mi hermano y hermana, quiero expresar mi amor y mi gratitud hacia ellos, por su fe, su generosidad y su incansable ayuda en todo momento, gracias a ellos he llegado a culminar una meta más de mi vida.

A mis amigos y amigas que me brindaron su sincera y valiosa amistad en buenos y malos momentos. A mi perrita akira que me ayudado mucho a seguir adelante cuando vivía sola, que me acompañó en momentos muy difíciles en el transcurso de mi carrera.

Agradezco a mis docentes que durante el transcurso de mi carrera han aportado con un granito de arena a mi formación profesional.

Agradezco a mi tutora Dra. Norma Erazo, a mi asesora Dra. Magdy Echeverría y a todos los ingenieros que forman el grupo de investigación GIDAC, ESPOCH que mediante su esfuerzo, dedicación, conocimiento, experiencia y motivación han logrado que pueda culminar este trabajo de la mejor manera.

Elizabeth M

TABLA DE CONTENIDOS

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Bases teóricas.....	7
1.2.1. <i>Cambio Climático</i>	7
1.2.2. <i>Suelo</i>	9
1.2.3. <i>Actividad microbiana</i>	9
1.2.4. <i>Respiración del suelo</i>	9
1.2.5. <i>Zonas Intervenidas y no intervenidas</i>	11
1.2.6. <i>Principales propiedades químicas que influye en la respiración del suelo</i>	12
1.2.7. <i>Principales propiedades físicas que influye en la respiración del suelo</i>	15
1.2.8. <i>Subcuenca de río Chambo</i>	18
1.2.9. <i>Páramo</i>	20
1.3. Bases conceptuales.....	21
1.3.1. <i>Respiración edáfica</i>	21
1.3.2. <i>Microorganismos</i>	21
1.3.3. <i>Cambio climático</i>	21
1.3.4. <i>Efecto invernadero</i>	22
1.3.5. <i>Calentamiento global</i>	22
1.3.6. <i>Suelo</i>	22
1.3.7. <i>Páramo</i>	22

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	23
2.1.	Localización del Estudio	23
2.1.1.	<i>Ubicación.....</i>	23
2.1.2.	<i>Límites</i>	24
2.1.3.	<i>Altitud</i>	24
2.1.4.	<i>Clima.....</i>	24
2.2.	Tipo de Investigación	24
2.3.	Diseño de la Investigación.....	25
2.4.	Hipótesis	25
2.4.1.	<i>Hipótesis nula.....</i>	25
2.4.2.	<i>Hipótesis alterna.....</i>	25
2.5.	Variables	25
2.5.1.	<i>Variable dependiente.....</i>	25
2.5.2.	<i>Variable independiente</i>	25
2.6.	Técnicas de recolección de datos.....	26
2.7.	Población de estudio.....	26
2.8.	Tamaño de la muestra.....	26
2.9.	Selección de la muestra	26
2.9.1.	Fase de campo.....	29
2.9.1.1.	<i>Diseño de muestreo</i>	29
2.9.1.3.	<i>Método para materia orgánica, pH, conductividad, carbono orgánico, texturay color</i>	30
2.9.1.4.	<i>Método para densidad aparente y % de humedad</i>	30
2.9.2.	Fase laboratorio.....	30
2.9.2.1.	<i>Preparación de reactivos</i>	30
2.9.2.2.	<i>Cuantificación de la respiración edáfica</i>	31
2.9.2.3.	<i>Determinación de propiedades físico-químicos del suelo</i>	33

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
3.1.	Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos del cantón Chambo.....	37
3.2.	Análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos del cantón Chambo	41
3.2.1.	<i>Análisis de la Materia orgánica (M.O).....</i>	41

3.2.2.	<i>Análisis de carbono orgánico (C.O)</i>	42
3.2.3.	<i>Análisis de humedad</i>	43
3.2.4.	<i>Análisis de la densidad aparente</i>	44
3.2.5.	<i>Análisis de pH</i>	45
3.2.6.	<i>Análisis de la conductividad eléctrica</i>	46
3.2.7.	<i>Análisis de Textura de suelos intervenidos y no intervenidos</i>	47
3.2.8.	<i>Análisis del Color de suelos intervenidos y no intervenidos</i>	48
3.3.	Cuantificación de la Respiración edáfica de los suelos del Cantón Chambo	50
3.3.1.	<i>Análisis de la Respiración Edáfica por zonas</i>	50
3.3.2.	<i>Análisis de la Altitud (m.s.n.m) en relación a la Respiración Edáfica</i>	51
3.3.3.	<i>Análisis de Pruebas de Normalidad a los datos de Respiración Edáfica</i>	52
3.3.3.1.	<i>Normalidad de los datos</i>	52
3.4.	Correlación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas de los suelos del Cantón Chambo	54
3.4.1.	<i>Correlación de las propiedades físico-químicas</i>	54
3.4.1.1.	<i>Correlación General</i>	54
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES	60
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Evolución de las emisiones totales de gases de efecto invernadero por tipo de gas y año. De Euskadi. Año base Kioto. 2014-2018	8
Tabla 2-1: Clasificación de los suelos según su pH	12
Tabla 3-1: Caracterización del suelo de acuerdo a su contenido de materia orgánica.....	13
Tabla 4-1: Clasificación de los suelos según su conductividad eléctrica (CE) y Características.....	14
Tabla 5-1: Clasificación de los suelos según su densidad (g/cm ³)	15
Tabla 6-1: Clasificación del páramo según la categoría.....	21
Tabla 1-2: Coordenadas de 13 conglomerados	27
Tabla 1-3: Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos no intervenidos del Cantón Chambo	37
Tabla 2-3: Resultados de las propiedades físico-químicas de los suelos no intervenidos del Cantón Chambo	38
Tabla 3-3: Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos intervenidos del Cantón Chambo	39
Tabla 4-3: Resultados de las propiedades físico-químicas de los suelos intervenidos del Cantón Chambo	40
Tabla 5-3: Prueba de normalidad a los datos de respiración edáfica.....	52
Tabla 6-3: ANOVA de una vía	52
Tabla 7-3: Prueba de normalidad de los residuos del ANOVA.....	53
Tabla 8-3: Prueba para determinar homocedasticidad en los residuos	53
Tabla 9-3: Prueba de Aleatoriedad de los residuos	53
Tabla 10-3: Kruskal Wallis	54
Tabla 11-3: Pruebas de normalidad en propiedades físico químicas del suelo de Chambo	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Determinación de color del suelo (Tabla Munsell)	16
Figura 2-1: Triangulo de textura (Brady, N & R. Weil; 2010)	17
Figura 1-2: Mapa del cantón Chambo.....	23
Figura 2-2: Puntos de monitoreo en los suelos del cantón Chambo	28
Figura 3-2: Diseño del muestreo en el campo.....	29
Figura 4-2: Procedimiento para la determinación de textura por el método de tacto.....	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Determinación de color del suelo (Tabla Munsell).....	16
Gráfico 2-1: Triangulo de textura (Brady, N & R. Weil; 2010)	17
Gráfico 1-2: Mapa del cantón Chambo	23
Gráfico 2-2: Puntos de monitoreo en los suelos del cantón Chambo	28
Gráfico 3-2: Diseño del muestreo en el campo	29
Gráfico 4-2: Procedimiento para la determinación de textura por el método de tacto.....	35
Gráfico 1-3: Distribución de materia orgánica M.O (%) de los suelos intervenidos vs no intervenidos	41
Gráfico 2-3: Distribución de Carbono orgánico C.O (%) suelos intervenidos vs no intervenidos ...	42
Gráfico 3-3: Distribución de la Humedad (%) de los suelos intervenidos vs no intervenidos.....	43
Gráfico 4-3: Distribución de la densidad aparente (g/cm^3) suelos intervenidos vs no intervenidos	44
Gráfico 5-3: Distribución de pH Húmedo de suelos intervenidos vs no intervenidos.....	45
Gráfico 6-3: Distribución de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) húmedo de suelos intervenidos vs no intervenidos	46
Gráficos 7-3. Distribución de textura de suelos intervenidos y no intervenidos.....	47
Gráficos 8-3. Distribución de color de suelos intervenidos y no intervenidos.....	49
Gráfico 9-3: Distribución de la respiración edáfica (RE) ($\mu\text{g CO}_2\text{-C}/\text{g}$ por hora) suelos intervenidos vs no intervenidos.....	50
Gráfico 10-3: Efecto de la altitud (m.s.n.m) vs respiración edáfica (RE) ($\mu\text{g CO}_2\text{-C}/\text{g}$ por hora)....	51
Gráfico 11-3: Coeficientes de correlación de spearman de las propiedades físico químicas del suelo de Chambo.....	55
Gráfico 12-3: Coeficientes de Correlación de Kendall de las propiedades físico químicas del suelo no intervenido de Chambo	56
Gráfico 13-3: Coeficientes de Correlación de Kendall de las propiedades físico químicas del suelo intervenido de Chambo	57

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MUESTREO EN SUELOS NO INTERVENIDOS (PÁRAMO)

ANEXO B: MUESTREO EN SUELOS INTERVENIDOS

ANEXO C: PROCEDIMIENTO DE INCUBACIÓN PARA CUANTIFICAR CO₂.

ANEXO D: TITULACIÓN/VALORACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA

ANEXO E: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

ANEXO F: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

ANEXO G: MATERIALES UTILIZADOS EN LA FASE DE CAMPO

RESUMEN

La presente investigación se realiza en verano con el propósito de aportar elementos e información sobre la respiración edáfica en la zona alta del cantón Chambo, por lo cual se cuantificó el contenido de CO₂ (ug CO₂-C/g por hora) para establecer una correlación con las propiedades fisicoquímicas en muestras de suelos intervenidos y no intervenidos. Con ayuda de ArcGIS, se determinaron 13 conglomerados en un área de 15.900 hectáreas: siete zonas intervenidas (cultivo de cebolla, papas y pasto) y seis zonas no intervenidas (pajonal) y 39 muestras compuestas. La muestra de suelo para respiración edáfica (método de titulación) se tomó a 0-15cm, para carbono y las propiedades fisicoquímicas (materia orgánica, carbono orgánico, conductividad eléctrica, pH, humedad y densidad aparente) a 0-30cm siguiendo la metodología establecida por el Ministerio del Ambiente y ONU-REDD+, 2012. Los resultados promedio de respiración edáfica en suelos no intervenidos (3600-4200 m.s.n.m) son 0.18 microgramos CO₂-C/g por hora y en suelos intervenidos (2800-3400 m.s.n.m) 0.65 ug CO₂-C/g por hora; las propiedades física-químicas en suelos no intervenidos: pH de 6.88, conductividad eléctrica 39.22 uS/cm, humedad 59.76%, densidad aparente 0.51 g/cm³, M.O 18.24% y C.O 10.57%; mientras que para los suelos intervenidos: pH de 6.82, conductividad eléctrica 97,49 uS/cm, humedad 33.98%, densidad aparente 0.99 g/cm³, M.O 8.24% y C.O 4.77%. Se concluye que las propiedades fisicoquímicas varían de acuerdo al tipo de intervención y las emisiones de CO₂ son más evidentes en las zonas altas del cantón Chambo (3600-4200 m.s.n.m), que puede deberse a las condiciones edafoclimáticas de cada lugar. Se recomienda incentivar a la población y autoridades sobre los principales efectos que causa el cambio de uso de suelo.

Palabras clave: <RESPIRACIÓN EDÁFICA>, <CAMBIO CLIMÁTICO>, <SUELOS DE PÁRAMO>, <ZONA ALTA>, <CALENTAMIENTO GLOBAL>.

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2021.08.11 07:03:20
-05'00'



1528-DBRA-UTP-2021

SUMMARY/ABSTRACT

This research was carried out in summer to provide elements and information on edaphic respiration in the upper area of the Chambo canton, therefore, the CO₂ content (ug CO₂-C / g per hour) was quantified to establish a correlation with the physicochemical properties in samples of intervened and non-intervened soils. Using ArcGIS, 13 clusters were determined in an area of 15,900 hectares, seven intervened zones (onion, potato, and grass cultivation) and six non-intervened zones (pajonal) and 39 composite samples. The soil sample for edaphic respiration (titration method) was taken at 0-15 cm, for carbon and the physicochemical properties (organic matter, organic carbon, electrical conductivity, pH, humidity and apparent density) at 0-30cm following the established methodology. by the Ministry of the Environment and UN-REDD +, 2012. The average results of edaphic respiration in untreated soils (3600-4200 m.s.n.m) are 0.18 micrograms CO₂-C / g per hour and in intervened soils (2800-3400 m.s.n.m) 0.65 ug CO₂-C / g per hour, physical-chemical properties in untreated soils, pH of 6.88, electrical conductivity 39.22 uS / cm, humidity 59.76%, apparent density 0.51 g / cm³, M.O 18.24% and C.O 10.57%; while for the intervened soils, pH de 6.82, electrical conductivity 97.49 uS / cm, humidity 33.98%, apparent density 0.99 g / cm³, M.O 8.24% and C.O 4.77%. It is concluded that the physicochemical properties vary according to (3600-4200 m.s.n.m), which may be due to the edaphoclimatic conditions of each place the type of intervention and CO₂ emissions are more evident in the high areas of the canton Chambo. It is recommended to encourage the population and authorities about the main effects caused by the change in land use.

Keywords: <SOIL RESPIRATION>, <CLIMATE CHANGE>, <SOILS OF MOORLAND>, <HIGH ZONE>, <GLOBAL WARMING>.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, provincia de Chimborazo, cantón Chambo se han encontrado zonas con alto índice de riesgo natural que se incrementan por las actividades desarrollada por el hombre, las cuales presentan una amenaza latente para los ecosistemas, por lo cual estas acciones provocan una peligrosa emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera (Zhou, et al., 2012, p.18-29). En el cantón Chambo se identifican los siguientes ecosistemas con sus respectivas superficies: arbustal siempreverde montano del norte de los Andes conformado por 328,92 hectáreas, arbustal siempreverde y herbazal del páramo conformado por 139,68 hectáreas, bosque siempreverde del páramo conformado por 2,33 hectáreas, bosque siempreverde montano alto del norte de la cordillera oriental de los andes conformado por 953,62 hectáreas, herbazal del páramo conformado por 4543,97 hectáreas, herbazal y arbustal siempre verde subnivel del páramo conformado por 3580,85 hectáreas, intervención conformada por 6731,61 hectáreas y otras áreas conformadas por 137,22 hectáreas (Dirseciu, 2007, p.1-14).

Además, el cantón Chambo cuenta con dos ecosistemas comprendidos entre el bosque húmedo montano alto (bosque primario Leonán de Llucud), siendo este un recurso natural que no ha sido alterado por la mano del hombre, hasta el bosque seco montano bajo. El cantón Chambo cuenta con una superficie de 16453,815 hectáreas, de las cuales 4944.50 hectáreas corresponden a bosque protector de la sub cuenca del Rio Blanco, ubicadas en el Parque Nacional Sangay, que representa un 30,05% del área total del cantón. En el sector de los Cubillines existe un área protegida constituida por pajonales y páramo, los cuales ocupan una superficie aproximada de 4867, 25 hectáreas que corresponden al 29,58% de la superficie total del cantón. Según datos del Ministerio del Ambiente, en Chambo existe una extensión de 7720,47 hectáreas de páramo remanente, que fungen como áreas de reserva ecológica o colchones de agua que benefician al cantón (Dirseciu, 2007, p.1-14)

Las actividades antropogénicas realizadas en los suelos del cantón Chambo, se ha visto afectado en los últimos años, debido a la proliferación excesiva de fábricas de ladrillos tanto en el sector urbano como rural, ya que el principal elemento para producir ladrillos es el recurso suelo, el cual no es renovable, y por ende se va terminando este recurso. La cual no posee una información verídica frente al sector agrícola haciendo un mal uso del suelo provocando más zonas áridas que cultivables, disminuyendo el valor de los ecosistemas (páramos), por efecto la respiración edáfica es considerada como la segunda reserva más relevante que emite CO₂ a la atmósfera terrestre que desempeña un papel crítico en el control de la concentración del CO₂ y es una de las mayores incertidumbres en el ciclo del carbono (Moreno, 2008, p. 4381-4393). El carbono orgánico del suelo representa un recurso natural de interacción con la atmósfera y se estima en cerca de 1 500 Pg C a 1 m de profundidad (cerca de 2 456 a dos metros de profundidad) (Camacho,2014, p. 77-92).

Dentro de los cambios geológicos de la Tierra el evento que tiene un papel crucial en el proceso de calentamiento global es la respiración edáfica del suelo ya que se considera una fuente de reserva importante la cual en diversas circunstancias se puede considerar a un ecosistema como sumidero o fuente de Dióxido de Carbono. En atención a lo cual; mandatarios y científicos de todo el mundo han hecho énfasis en este tema, debido a que representa una fuente de flujo de carbono originario del suelo y a la vez comprende datos y/o procesos dentro del ciclo del carbono (Magdalena, 2013, p. 175-180).

Sin embargo, considerando el proceso natural de la respiración del suelo como una guía de la actividad microbiana del suelo y función a las consecuencias de la problemática manifestada sería pertinente considerar el estudio sobre la relación que existe entre la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas de los suelos de la zona alta del cantón Chambo, provincia de Chimborazo.

Formulación del problema

Problema general

¿Cómo varía la respiración edáfica en la zona alta del cantón Chambo por efectos de intervención?

Problema específico

¿Cómo varía el contenido de CO₂ en las muestras de suelo por los efectos de intervención humana?

Justificación

Los gases emitidos de CO₂ edáfico han sido limitadamente estudiadas en el cantón Chambo de la provincia Chimborazo que constituyen un componente imprescindible del ciclo del carbono en la atmósfera y en el suelo, además de ser un indicador de la estimación de los microorganismos; por tanto, se desarrolló un estudio que involucra el control de variables dentro del laboratorio para determinar el porcentaje de respiración edáfica por área de suelo del cantón Chambo, y cómo influye de acuerdo a las propiedades físico-químicas de cada zona estudiada. Mediante esta investigación se obtuvo conocimientos reales del estado del suelo del cantón Chambo; para evaluar el porcentaje permitido de emisión de CO₂ hacia la atmósfera.

Se desarrolló una planificación de muestreo en campo de las zonas altas del cantón Chambo con

profesionales del grupo de investigación GIDAC, en zonas no intervenidas (páramo-pajonal) y en zonas intervenidas (pastizales y cultivos de cebolla y papas); el procedimiento se realizó a una profundidad de (0-15) cm para su respectivo análisis de cuantificación de la respiración edáfica (CO_2), y de (0-30) y (0-60) cm para el análisis de las propiedades físico-químicas (% de materia orgánica (M.O), carbono orgánico (C.O), conductividad eléctrica, pH, % de humedad, densidad aparente, color y textura), la cual se procedió a realizar en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo Ambiental de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

Esta investigación contribuirá con información científica al proyecto realizado por el grupo de Investigación y Desarrollo para el Medio Ambiente y Cambio Climático de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), que se efectuará dentro del programa “Building a resilient future for the Andean Páramo Ecosystem of Ecuador” específicamente en el proyecto, “Soil Organic Carbon Evaluation and Sequestration in Ecuadorian Páramo Ecosystems” de la Facultad de Ciencias ESPOCH quien financia esta investigación. Finalmente, el proyecto ayuda a la protección de ecosistemas y brinda bases científicas para futuras investigaciones.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar la respiración edáfica en la zona alta del cantón Chambo en zonas intervenidas y no intervenidas.

Objetivos Específicos

- Cuantificar la respiración edáfica (contenido de CO₂) en muestras de suelos aplicando el método de titulación.
- Comparar el contenido de CO₂ (respiración edáfica) en zonas intervenidas y no intervenidas.
- Establecer la correlación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas con las diferentes muestras de suelo de las zonas intervenidas y no intervenidas.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

(Conti, 2000, p. 10-77). en la investigación “A concerted research effort to advance the hydrological understanding of Tropical Páramos” indican que los páramos son considerados ecosistemas biodiversos neotropicales muy poco estudiados pero con características únicas, poseen un clima tropical de alta montaña; frío, húmedo y con nubosidades, es por esta razón, que regulan los flujos hídricos esenciales para el ser humano, la degradación de la materia orgánica en sus diferentes fracciones, la acumulación del carbono orgánico en el suelo, el cambio climático y el ciclo de los nutrientes esenciales para las plantas.

En la universidad de Sucre, campus Puerta Roja se realizó un estudio sobre la relación de la respiración del suelo (RS) con propiedades propias de los suelos, temperatura y humedad en cuatro usos del suelo. Se obtuvo como resultados los siguientes: a mayor cantidad de materia orgánica es mayor RE, mientras que para la humedad cuando sus valores se encuentran en el rango óptimo se ve favorecido la RE, la cual disminuye cuando están por encima o por debajo del rango óptimo y con la temperatura del suelo estudiado no tiene una correlación. Las medidas mensuales de la RS de los suelos estudiados fueron ($61.9 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$) en vegetaciones nativas, ($58.7 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$) en Hura crepitans, ($55.6 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$) en pasto y ($54.2 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$) en Tectona grandis, estas diferencias se deben principalmente por las características de cada suelo y la exposición al sol. La RS de los cuatro usos de suelo resultó tener una relación lineal (Dirseciu, 2007, p. 1-14).

(Peña y Rubiano, 2006, 364-373). realizó un estudio sobre el efecto del uso del suelo sobre el flujo de dióxido de carbono (CO_2) del suelo en el páramo de Guerrero, Colombia con el objetivo de establecer los efectos de diferentes usos (vegetación de páramo, pastura, dos lotes arados recientemente y cultivo de papa) y prácticas de manejo del suelo sobre el flujo de CO_2 , para la cual utilizó la técnica de cámara de respiración portátil de suelo. Obtuvieron los siguientes resultados: ($0.42 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) de respiración en suelo de páramo, la cual fue la más baja en comparación a otros usos de suelo, también llegaron a la conclusión que la respiración microbiana y la mineralización de la materia orgánica tiene una correlación alta, mientras que la humedad y la temperatura del suelo no son los controladores de la respiración del suelo en las condiciones de páramo, pero los cambios del uso del suelo y manejo agrícola afectan diferencialmente al flujo de dióxido de carbono.

(Ren, et al., 2018, p.170-178). en este presente estudio que se realizó en sitios de la meseta de Loess en China durante cuatro períodos (abril, junio, agosto y octubre) en diferentes tipos de uso de suelo: *Robinia pseudoacacia L.* (RP) y tierra abandonada (AL), la cual se realizó para analizar la abundancia, diversidad y composiciones de los microbios del suelo. Además, las fracciones de carbono orgánico del suelo (+: SOC, carbono orgánico disuelto: DOC, carbono de la biomasa microbiana: MBC) y suelo. Se evaluaron los componentes (respiración del suelo: SR, respiración heterótrofa: HR, respiración autótrofa: AR). Los resultados mostraron que las fracciones de SOC y la respiración del suelo aumentaron después del cambio de uso de la tierra, observándose una correlación significativa.

En los suelos de microcuenca de Río Chimborazo se cuantificó la respiración edáfica como la medida de actividad microbiana, para la cual escogió cuatro usos del suelo (páramo, pastizales plantaciones forestales y cultivo) en donde se evaluó para cada uso la respiración edáfica mediante el método Anderson. Además, se analizó nitrógeno, materia orgánica, pH, conductividad y porcentaje de humedad de cada muestra para estudiar la correlación entre estos factores y la respiración del suelo de distintos usos mencionados anteriormente. Concluyendo que existe una diferencia significativa de la respiración edáfica con respecto a los usos de suelo (Paucar y Velastegui, 2019, p. 20-23).

(Llambí, et al., 2012, p. 1-4). demuestran que las tasas de respiración del suelo han sido medidas en gran variedad de ecosistemas con el fin de evaluar la actividad microbiana, el reciclaje de nutrientes, los flujos de carbono y energía, la dinámica de las raíces, y otros procesos.

El autor Luis determinó la RS en cuatro usos de suelo al interior del campus Puerta Roja de la Universidad de Sucre, analizando su relación con factores como temperatura, humedad y propiedades propias de los suelos. La materia orgánica en el suelo resultó ser la principal limitante de la respiración edáfica, mayor cantidad de materia orgánica favorece un mayor desarrollo de los microorganismos presentes en el suelo y se favorece la RS. Dentro de las medias mensuales de respiración en los cuatro usos de suelo, en la vegetación nativa fue mayor ($61.9 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$), seguido de Hura crepitans ($58.7 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$), Pasto ($55.6 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$) y *Tectona grandis* ($54.2 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$), estas diferencias se dieron por las características de cada suelo y la exposición que tiene cada uno al sol (Sánchez y Díaz, 2013, p. 16-18). Mediante un seguimiento realizado cada año, con una base (RS acumulada), se define que entre 295.7 y $296.5 \text{ mol CO}_2/\text{m}^2$ en el área donde se encuentra la vegetación en estado natural (nativa), 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 *Tectona grandis* (Ren, et al., 2018, p.170-178).

Otro estudio realizado se determinó la respiración del suelo (RS) en una comunidad sucesional de pastizal de *Holcus lanatus* y *Anthoxanthum odoratum* en la franja altoandina de la cuenca del río Pamplonita, norte de Santander, Colombia. Las medias mensuales de la RS fueron unimodales de día

y de noche; la anual diurna fue de 118,44 mg CO₂ m⁻² h⁻¹; y la nocturna, de 140,57 mg CO₂ m⁻² h⁻¹. La diferencia entre estos dos valores se atribuyó a un incremento del brillo solar y a una disminución del recorrido del viento entre septiembre y diciembre de 2006 que rigió a un incremento del porcentaje de evaporación. De manera eventual se correlacionó la RS nocturna con la humedad relativa y la temperatura límite que en este caso sería el aire y lo matinal con el recorrido del viento. Con respecto a la RS acumulada se presenta una tendencia lineal en relación al tiempo esto en cuanto a la sección diurna y nocturna. La RS acumulada anual se define estrictamente por la producción anual diurna de carbono con una estimación de 32,67 y 40,73 y la nocturna entre 35,65 y 43,02 g de C m⁻² (Peña y Rubiano, 2006, p. 364-373).

En la actualidad en la provincia de Chimborazo se evidencia un avance en cuanto a estudios realizados de diversidad vegetal, población microbiana de suelos y análisis del ecosistema páramo por parte del Grupo de Investigación y Desarrollo para el Medio Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) ESPOCH. En lo que respecta a la misma, existe poca información experimental realizada sobre actividad microbiana de la zona, la información documentada, y experimental es muy deficiente, casi nula, por lo cual es necesario llevar a cabo esta investigación.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Cambio Climático

En el mundo unos de los fenómenos globales que causa gran impacto es el calentamiento global, ya que afecta al sector social, político y económico (Cavallucci, 2013, p. 1-60). Esto se debe al uso masivo de combustibles fósiles y la liberación gradual de dióxido de carbono a la atmósfera, lo que efectivamente logra un aumento de temperatura, cambios en los ciclos de lluvia y calentamiento de los océanos (Miranzo y del Río, 2015, p. 127-150).

El cambio climático ha estado en el centro de varios acuerdos internacionales producto por la agricultura, el ganado y pesca suponiendo reducción de rendimientos, migración biológica y pérdida de servicios ecosistémicos, supone una amenaza importante para la seguridad alimentaria debido a su fuerte impacto sobre la agricultura (Lima, 2013, p. 20-39).

Debido a los sucesos naturales de destrucción masiva de la naturaleza y a los habitantes, varias entidades políticas, eclesiásticas, militares y sociales se han interesado de forma preocupante el poder controlar este fenómeno. Por lo tanto, científicos han hecho un estudio profundo sobre cómo ayudar a controlar y/o disminuir este fenómeno para ellos han analizado con responsabilidad y profundidad sobre la forma de reducir las emisiones de dióxido de carbono y así también otros gases contaminantes

que amenaza la vida de todos los seres vivos que habitan en el planeta tierra (Lima, 2013, p. 20-39).

1.2.1.1. Efectos invernadero

Se refiere al mecanismo por medio de la cual la atmosfera del planeta se calienta (Caballero y Socorro, 2006, p. 1083-1085). Las actividades antropogénicas emiten algunos gases de efecto invernadero hacia la atmósfera como el dióxido de carbono, óxido de nitroso, metano entre otros, los cuales son perjudiciales. El cambio de concentración de los gases provoca un inminente incremento del porcentaje de gases en la atmósfera. La radiación electromagnética comprende ondas provocadas por una carga eléctrica en la que podemos hacer mención la radiación solar quien es responsable de un sin número de variantes en el suelo debido a la absorción, dispersión y emisión de la misma dentro de la atmosfera (Benavides, 2007, p. 1-102).

El Dióxido de Carbono (CO₂), es el gas más común que produce el efecto invernadero de origen humano (actividad humana). Al ser el segundo gas más importante del calentamiento global este tiene un importante papel dentro del ciclo del carbono (Benavides, 2007, p. 1-102).

Tabla 1-1: Evolución de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (CO₂-eq(t)) por tipo de gas y año. De Euskadi. Año base Kioto. 2014-2019.

Gases	Año base=Kioto	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Dióxido de carbono (CO₂)	12.956.049	14.234.39	14.526.938	14.488.116	15.139.606	14.624.983	15,523,050
Metano (CH₄)	1.685.463	1.326.717	1.286.086	1.243.112	1.201.464	1.189.729	1,128,773
Óxido nitroso (N₂O)	750.988	426.860	396.903	406.493	415.796	412.005	398,346
Gases Fluorados:	1.182.856	415.114	252.308	266.286	254.817	251.188	239,007
HFC's	1.173.672	368.528	207.971	210.386	202.863	199.029	209,025
PFC's	10	2	2	2	1	1	1
SF₆	9.174	46.584	44.335	55.898	51.952	52.157	29,981
Emisiones totales de GEI's (*)	21.374.325	2.319.096	2.889.850	2.253.265	2.633.107	2.460.094	1,263,638

Fuente: Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda. Inventario de gases de efecto invernadero (Eustat, 2021, p. 1).

1.2.2. Suelo

Según (Conti, 2000, p. 10-77). suelo es la capa que cubre gran parte de la corteza terrestre que facilita servicios ambientales en la cual, permite crecimientos y desarrollo de plantas, retiene nutrientes y almacena agua, además es un reservorio de microorganismos. El suelo se compone de fase sólida, gaseosa y líquida, en la cual la fase líquida se clasifica en orgánica (materia orgánica) e inorgánica (roca y minerales), mientras que la fase gaseosa es el aire que ocupa los poros de tamaño grande y la fase líquida es el agua que lleva las sales minerales. La agricultura o proceso cultivo/cosecha produce una pérdida significativa de carbono en el suelo por esa razón incrementa la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera (Cárdenas, 2015, p. 132).

1.2.3. Actividad microbiana

Es la acción que realizan todos los microorganismos presentes en el suelo, los cuales realizan procesos biológicos de descomposición de la materia orgánica y da como resultado la producción de dióxido de carbono. Se considera un suelo óptimo cuando se da el desarrollo de actividad microbiana el cual es considerado como un indicador de la calidad del suelo, pues esto puede ser el reflejo de óptimas condiciones físicas y químicas que permitan el desarrollo de los procesos metabólicos de hongos, bacterias y algas (Melgares de Aguilar, et al., 2002, p. 4-9).

El suelo sin duda sería infértil si no existiese la actividad microbiana, ya que con esta actividad se libera nutrientes, este proceso se da gracias a la presencia de microorganismos y se cumple el proceso de absorción y descomposición ya que una vez absorbidos por la planta esta se asegura que regresen nuevamente al suelo, lo que nos asegura que los iones serán utilizados una y otra vez (Fernández, 2004, p. 209-210).

1.2.4. Respiración del suelo

Se habla de respiración del suelo a la liberación de dióxido de carbono, por unidad de área y de tiempo, la cual se realiza debido a organismos edáficos, a la oxidación bioquímica de los compuestos de carbono y raíces presente en el suelo (Magdalena, 2013, p. 175-180).

De forma química la respiración del suelo se da a partir de la oxidación de una molécula de glucosa de la cual se obtiene seis moléculas de dióxido de carbono, seis moléculas de agua y energía. De tal manera estos procesos metabólicos de los organismos vivos presente en el suelo donde consume oxígeno y libera dióxido de carbono (Paucar y Velastegui, 2019, p. 20.23).

La reacción química de la respiración del suelo:



La respiración edáfica basal es un indicador de la actividad que realizan los microorganismos en el suelo, por lo tanto, representa la conversión mediante la oxidación de la materia orgánica en Dióxido de Carbono gracias al comportamiento de los microorganismos, idéntico a la respiración del suelo, descartando la producción de Dióxido de Carbono de la materia vegetal. Para cuantificar la respiración edáfica basal se elabora/produce un ambiente con las condiciones determinadas de humedad y temperatura donde se incubaba una muestra de suelo sin tejido vegetal como raíces, césped por un lapso de tiempo determinado y controlado (Morales, 2020, p. 11-15).

1.2.4.1. Métodos para la cuantificación de la respiración del suelo

Existen varios métodos para la determinación de respiración de suelo pero según (Haney, Brinton y Evans, 2008) existen tres métodos:

- **Método de titulación:** Llamado así por tratarse de un método por sustrato inducido, el cual se desarrolla en laboratorio, este método tiene una regla acerca de la concentración de los reactivos y es que la concentración puede variar en conjunto con el tiempo de incubación, cantidad de suelo y volumen de los reactivos (Bloen, 2007, p. 17-20). En muchos laboratorios de investigación se emplea este método ya que resulta ser el más sencillo y efectivo. El método consiste en incubar muestra de suelo en un frasco hermético grande, en la cual se coloca un frasco pequeño que contiene una solución acuosa de hidróxido de sodio o hidróxido de potasio, para luego de incubar por un lapso de tiempo definido y titular con ácido clorhídrico. Se incluye un vial de control sin muestra de suelo para corregir el dióxido de carbono. Por último se utiliza una ecuación para estimar la cantidad de dióxido de carbono en su respectiva unidad (Haney, et al., 2008, p. 171-176) (Morales, 2020, p. 11-15).
- **Método de análisis con gas infrarrojo (IRGA):** Este método es utilizado para detectar Dióxido de Carbono mediante el uso de un Cromatógrafo de gases o un Analizador de gas Infrarrojo (IRGA) (Haney, et al., 2008, p. 171-176). Por el alto costo del equipo este método es considerado como no rentable.
- **Método de gel Solvita:** Este método es una herramienta utilizada para determinar la tasa de respiración del suelo (RS) sin manejar reactivos. (Haney, et al., 2008, p. 171-176). Éste método es considerado simple y rápido, resultando eficiente y rentable a la hora de estimar las diferencias

relativas de tipos de compost

Según (Bloen, 2007, p. 17-20). dice si la cuantificación de la RS se trata en el análisis del consumo de oxígeno o la producción de dióxido de carbono existe dos métodos:

- **Métodos estáticos:** La principal característica de este método es reunir los gases dentro de un sistema de incubación cerrado, la cual alberga la muestra de suelo que será posteriormente analizada mediante la metodología ya establecida (Bloen, 2007, p.17-20).
- **Método dinámico:** En este método el aire libre de dióxido de carbono fluye continuamente a través del sistema de incubación y la composición de los gases se analiza en la salida del sistema (Bloen, 2007, p. 17-20).

1.2.4.2. Procesos de la respiración del suelo

Se considera que la cantidad de microorganismos que se encuentran en el suelo tienen una estrecha relación con las propiedades físicas y químicas del suelo, ya que estas influyen en la concentración de los sustratos, enzimas y nutrientes inorgánicos del suelo y en consecuencia la respiración edáfica y biomasa microbiana (Pérez, et al., 2017, p. 171-177). Los principales procesos que involucra en la respiración del suelo:

- **Procesos bióticos:** Respiración rizosfera (raíces), respiración microbiana y la respiración fauna (Pérez, et al., 2017, p. 171-177).
- **Proceso químico:** La oxidación química de los minerales del suelo, que es relativamente pequeño en comparación con otras fuentes, pero pronunciado a altas temperaturas (Pérez, et al., 2017, p. 171-177).
- **Proceso físico:** Desgasificación de CO₂ del suelo y transporte de CO₂ a través del suelo hacia la superficie (Pérez, et al., 2017, p. 171-177).

1.2.5. Zonas Intervenido y no intervenido

Las zonas intervenido son aquellas donde el hombre realiza actividades de siembra, cultivo y cosecha, pastoreo de ganado donde suelen presentar menor contenido de nitrógeno y materia orgánica, por consiguiente, su conductividad eléctrica será menor, debido a que en esta zona existe actividad humana. Por otro lado, en las zonas intervenido se puede apreciar una mayor densidad aparente, esto debido a la presencia de ganado. (Llambí, et al, 2012, pág. 212), explican que la compactación del suelo es provocada por el pisoteo de los animales, lo que ocasionan el incremento de la densidad aparente y la alteración de otras propiedades del suelo como el contenido de M.O.

Las zonas no intervenidas son los que se encuentran en las zonas identificadas como páramo, posee flora y fauna nativa característica del mismo que se mantiene inalterada, por lo que no ha sido intervenido por el ser humano (Pazmiño, 2020, p. 14).

1.2.6. Principales propiedades químicas que influye en la respiración del suelo

1.2.6.1. pH

El pH se considera como un indicador de acidez o basicidad, dentro de las propiedades químicas se habla de la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Es una de las propiedades más importante del suelo, ya que de ello depende la disponibilidad de nutrientes para todas las plantas, como la mineralización de materia orgánica, la actividad de microorganismos, concentración de iones tóxicos y su estabilidad determina la fertilidad del suelo (Jaramillo, 2002, p. 16-18). El pH depende de las entradas de cationes básicos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+} proveniente de la atmosfera, fertilizantes, meteorización química, residuos vegetales así como del agua de regadío (Cárdenas, 2015, p. 70-132). La acidez del suelo, es uno de los principales problemas que se está empleando en los sistemas de clasificación de suelos, sea estimado como pH, saturación de bases, o simplemente dominancia de elementos como Al y Fe, bajo condiciones muy ácidas, también el aluminio presente en el suelo, es una fuente productora de H^{+} (Nazar, 2015, p.85).

Tabla 2-1: Clasificación de los suelos según su pH

Tipo de suelo	pH	Efectos
Extremadamente ácido	Menor a 4	Condiciones muy desfavorables
Fuertemente ácido	4,0 - 4,9	Posibles efectos de toxicidad
Medianamente ácido	5,0 - 5,9	Deficiente asimilación de algunos elementos
Ligeramente ácido	6,0 - 6,9	El más adecuado para la asimilación de nutrientes
Neutro	7,0	Efectos tóxico mínimos
Ligeramente alcalino	7,0 - 8,0	Existencia de Carbonato Cálcico
Medianamente alcalino	8,1 - 9,0	Problemas de clorosis

Fuertemente alcalino	9,1 - 10,0	Presencia de Carbonato Sódico
Extremadamente alcalino	10,1	Poca asimilación de algunos nutrientes

Fuente:(Cárdenas, 2015, p. 70-132).

1.2.6.2. Materia orgánica (M.O)

El suelo está formado por residuos vegetales y animales que son el resultado de la descomposición en las que se incluye células y tejidos lo cual representa a la cantidad de materia orgánica presente en el suelo. Este indicador es uno de los más importantes para establecer la calidad del suelo en sus funciones agrícolas como en funciones ambientales. Los cantidad de microorganismos está directamente relacionado con la materia orgánica del suelo (Cárdenas, 2015, p.70-132).

Se denomina humus a la parte más estable de la materia orgánica la cual se obtiene luego de la descomposición de la parte vegetal y animal presente en el suelo. En la fase de mineralización las sustancias sufren un proceso denominado degradación de sus componentes elementales como carbohidrato, minerales, vitamina y proteína (Cárdenas, 2015, p. 70-132). Luego de la descomposición de la M.O los principales elementos que encontramos son Carbono, Hidrogeno, Oxígeno, Nitrógeno y en menor porcentaje Azufre, Fosforo, Boro, Hierro y Molibdeno, entre otros. Esto permite que los suelos no se compacten inmediatamente después de ser arados (Porta, et al., 2008. p. 116-118) (Morales, 2020, p. 11-15).

Tabla 3-1: Caracterización del suelo de acuerdo a su contenido de materia orgánica

CLIMA	% de materia orgánica BAJO	% de materia orgánica MEDIO	% de materia orgánica ALTO
FRIO	Menor de 5	5-10	Más de 10
TEMPLADO	Menor de 3	3-5	Más de 5
CÁLIDO	Menor de 2	2-3	Más de 3

Fuente:(Cárdenas, 2015, p. 70-132).

1.2.6.4. Carbono orgánico (C.O)

Uno de los parámetros tomados en cuenta dentro del ciclo del carbono es el carbono orgánico del suelo; así, ocupando 69,8 % del C.O de la biosfera. Las propiedades del suelo se relacionan con el carbono orgánico debido a que aporta elementos como nitrógeno para la fertilidad del suelo. Las condiciones ambientales determinan la cantidad de carbono orgánico, así como también el manejo del suelo por lo que se puede considerar un suelo como fuente de carbono (Martínez, et al., 2008,p. 68-96).

1.2.6.5. Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica (CE) es el parámetro más extenso y ampliamente utilizado en la estimación de la salinidad, pero al hablar de suelo se hace referencia a la conductividad eléctrica de su extracto de saturación principalmente se basa en la velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, la cual es proporcional a la concentración de sales de solución (Cárdenas, 2015, p. 70-132). Es una de la propiedad que determina la fertilidad y calidad del suelo en la cual están presente las sales minerales, además reduce el tiempo de la disponibilidad de agua para las plantas (Gallart y Martinez, 2008, p. 2017-2018) (Morales Segundo, 2020, p.11-15).

Para indicar la concentración total de componentes ionizados se determina la conductividad eléctrica, donde las sales solubles del suelo determinan cationes como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+} y así mismos aniones como sulfatos, carbonatos, cloruros y bicarbonatos (Cárdenas, 2015, p. 70-132). La conductividad eléctrica se expresa en unidades de uS/m.

Tabla 4-1: Clasificación de los suelos según su conductividad eléctrica (CE) y características

Categorías	CE promedio (decisiemens/metro)	Características
No salino	< 2	Ningún cultivo es afectado
Ligeramente salino	2-4	Afectados los cultivos sensibles
Salino	4-8	Afectados muchos cultivos
Fuertemente salino	8-16	Posible solo cultivos tolerantes
Extremadamente salino	> 16	Muy pocos cultivos son posibles

Fuente: (Cárdenas, 2015, p. 70-132).

1.2.6.6. Humedad (H)

Esta propiedad es fundamental para predecir la descomposición de la materia orgánica y la formación de gases de efecto invernadero. En suelos muy húmedos el descenso de actividad de los microorganismos aeróbicos se atribuye a la ausencia de oxígeno causada por su lenta difusión (Alvarado, 2010, p. 1-57).

Según (FAO, 2009, p. 93) la humedad del suelo se refiere a la presencia o ausencia de agua subterránea, dicho de otra manera es la cantidad de agua por volumen de suelo, así como agua retenida a una tensión de intervalo 33 - 1500 kPa en el suelo. Las sales disueltas afectan directamente a la disponibilidad de agua en el suelo, cuando un suelo está saturado con agua tienden ser muy salina y se considera un suelo seco cuando la tensión de humedad es de 1500kPa o más, y mientras la tensión de humedad es menor a 1500 kPa se considera suelo húmedo (Morales Segundo, 2020, p, 11-15).

1.2.7. Principales propiedades físicas que influye en la respiración del suelo

1.2.7.1. Densidad aparente

La densidad aparente es una propiedad que permite conocer las condiciones en las que se encuentran el suelo en relación a la porosidad, oxígeno, disponibilidad de agua y compactación (Ramírez, 2017, p, 5-23). La densidad aparente tiene afinidad directamente con el porcentaje de materia orgánica del suelo, contenido de fragmentos de rocas y estructura del suelo. Suelos con alto contenido de materia orgánica, bien estructurados y textura fina tienen una densidad aparente menor y suelos con materia orgánica bajo, poco estructurados y textura gruesa tienen una densidad aparente mayor (Peñuela y Fernandez, 2011, p. 15-20).

Tabla 5-1: Clasificación de los suelos según su densidad (g/cm³)

Tipos de Suelos	Densidad (g/cm ³)
Suelos orgánicos	0,1 g/cm ³ o <
Suelos minerales	1,60 g/cm ³
Suelos arenosos	1,80 g/cm ³
Suelos compactados	2 g/cm ³

Suelos derivados de ceniza volcánica	0,70 – 0,98 g/cm ³
---	-------------------------------

Fuente: (Cárdenas, 2015, p. 70-132).

1.2.7.2. Color de Suelo

Es una característica que sirve como indicador en la diferenciación de horizontes, el color del suelo varía de acuerdo al porcentaje de materia orgánica, dando como resultados suelos amarillo, marrón y rojo; esto puede ir ligado a la presencia de óxidos férricos. (Ibáñez y Moreno, 2008, pg 206).

1.2.7.2.1. Determinación del color

Se realiza por la comparación de diferentes patrones de colores establecidos en las tablas Munsell. Las tablas Munsell se basan en patrones de colores presentados por parámetros de notación sistemática para obtener una gama de colores que difieren en función del matiz, brillo y croma, de lo cual el color rojo, marrón, negro o gris son algunos de los colores referenciales y descriptivos del suelo, cabe recalcar que estos no son exactos (Ibáñez y Moreno, 2008, pg 206).

Debido a esto, la comunidad científica decidió establecer como patrón de medición del color del suelo el sistema de notaciones de Color Munsell (Fig. 1.1), el cual permite a los científicos comparar suelos en cualquier lugar del mundo. (Ibáñez y Moreno, 2008, pg 206).

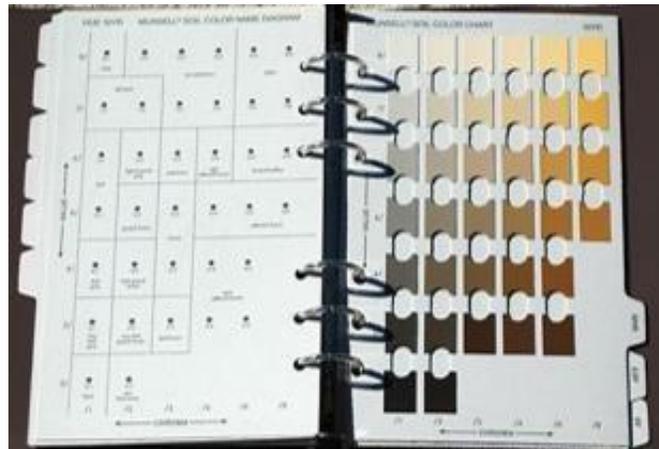


Figura 1-1: Determinación de Color del suelo (Tabla Munsell)

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021

1.2.7.3. Estructura del Suelo

Es la disposición y estado de agregación de las partículas del suelo. El suelo posee partículas finas que al estar unidas forman grumos o compuestos, en gran parte de los casos es por la acción de la materia orgánica (Complejo arcilloso-húmico). Los espacios entre estos agregados se llaman poros, por ellos circulan aire y agua. Determinan hasta el 50% del volumen del suelo. (Brady y Weil, 2010, p. 406).

1.2.7.4. Textura

Es la proporción de las distintas partículas minerales del suelo, clasificadas según su tamaño de grano en tres grupos: arenas, limos y arcillas, es decir, la textura de un suelo se define por las proporciones de arena, limo y arcilla que posee (arenas 2mm – 0,02 mm; limos 0,02 – 0,002, arcillas < 0,002mm). Dentro de las características más relevantes del suelo está la textura que es muy importante ya que define la permeabilidad del suelo, su aireación y la capacidad de retener el agua y nutrientes. (Brady y Weil, 2010, p. 406).

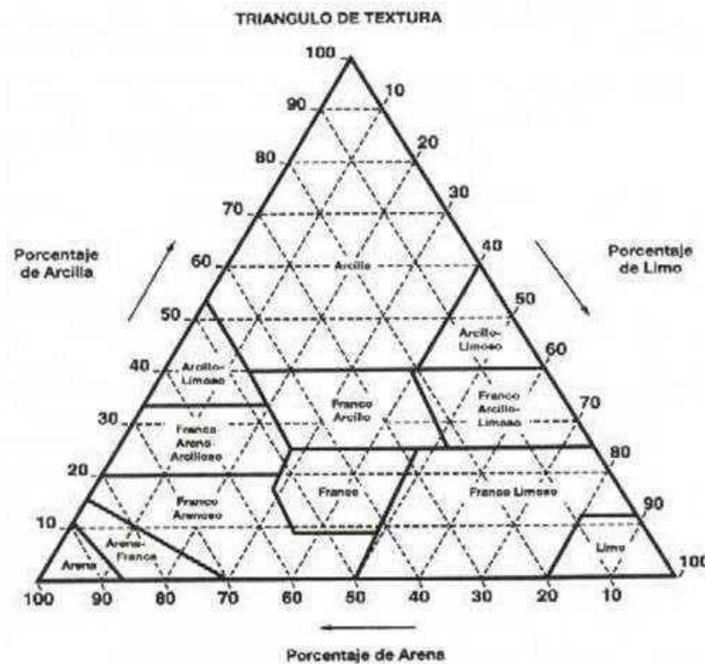


Figura 2-1: Triángulo de textura (Brady y Weil, 2010, p- 406).

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021

1.2.8. Subcuenca de río Chambo

La Subcuenca del río Chambo, forma parte de la Cuenca alta del río Pastaza, su principal afluente es el río Chambo, cuenta con un área de 3589.55 Km², el perímetro es de 339.38 Km, en donde se encuentran unos 33 ríos de tamaño muy variable según la época del año y la ubicación geográfica. El río principal de la subcuenca, el río Chambo, nace en la cordillera central de los Andes ecuatorianas, zona muy encajonada. Esta subcuenca se encuentra ubicada en su totalidad dentro de la provincia de Chimborazo (Naranjo y Astudilo, 2013, p. 30-282).

En la Subcuenca se ubican dos áreas protegidas como son la Reserva de Producción Faunística Chimborazo y el Parque Nacional Sangay. Las fuentes de este río se ubican en un sitio único parte del Parque Nacional del Sangay donde se encuentran un sin número de lagunas de altura (Naranjo y Astudilo, 2013, p. 30-282). Este sistema lacustre, declarado patrimonio de la humanidad por el UNESCO, alimenta las quebradas Ozogoché, Atillo, las cuales se unen con el río Yasipán para conformar el río Cebadas. Al sur, el río Cebadas recibe las aguas del río Guamote que drena una buena parte de la cordillera Occidental. Estos dos ríos se juntan para dar vida al río Chambo. Luego, el río Chambo sigue su curso al norte del pueblo de Cotaló para unirse finalmente al río Patate y formar el río Pastaza (Naranjo y Astudilo, 2013, p. 30-282)..

1.2.8.1. Hidrografía de la subcuenca del río Chambo

El río principal de esta subcuenca es el río Chambo, que corre de sur a norte con una longitud (LRP) de 144.49 Km, La subcuenca del río Chambo, está conformada de 21 microcuencas, dentro de las cuales las más importantes son las microcuencas de los ríos Cebadas, Guamote, Chibunga, Guano, Puela, Alao, Blanco y Uldán (Naranjo y Astudilo, 2013, p. 30-282).

1.2.8.2. Orografía de la subcuenca del río Chambo

Las elevaciones de la subcuenca del río Chambo, varían desde 2000 msnm en la desembocadura del río Chambo, hasta los 6280 en el nevado Chimborazo. Por estar ubicada en la región interandina la subcuenca tiene una topografía muy accidentada con pendientes de hasta 80%, en las estribaciones de las cordilleras Real y Occidental. En esta subcuenca se localizan grandes edificios volcánicos como el Chimborazo, el Tungurahua, El Altar (Naranjo y Astudilo, 2013, p. 30-282).

1.2.8.3. Vegetación

La vegetación está en función de altura, clima, suelo, y de la influencia del hombre. Dentro de la subcuenca existen: Páramos andinos (en el desierto de Palmira y los arenales del Chimborazo); praderas interandinas o suelos serranos húmedos entre los 2500 y 3000 msnm, mientras que en las vertientes de las cordilleras predominan arbustos de plantas silvestres, bosques, pastos y pastoreo. (Naranjo y Astudilo, 2013, p. 30-282).

1.2.8.4. Usos del suelo del Cantón Chambo

Del área total de suelo que dispone el cantón Chambo el 55.6% corresponde a la conservación y protección de los páramos, bosques nativos, pajonales; en segundo lugar, está el suelo utilizado para la actividad pecuaria con el 21.5% para crianza del ganado; en tercer lugar, está el suelo utilizado para la agricultura mixta y agricultura, sumando los dos suelos equivalen al 12.9%. El resto son tierras improductivas, protección o producción, conservación y protección, antrópicos y espejos de agua que suman el 9.9%. (Dirseciu, 2007, p. 1-14).

El cantón Chambo, ocupa 16453,82 ha de superficie intervenida; donde predominan suelos del tipo Andisoles con 76,51 %, seguidos de los Inceptisoles con 10,96 %, luego el orden de los Molisoles con 2,31 %, en menor cantidad encontramos a los Entisoles con 0,85%. Las tierras misceláneas ocupan el 0,05 % del cantón y corresponden principalmente a las áreas del río Chambo y acantilados. Encontramos además áreas urbanas, bosques protegidos al norte y centro del cantón, y drenajes que ocupa el 9,32 % de la superficie del cantón que se le considera como no aplicables. (Dirseciu, 2007, p. 1-14).

1.2.8.5. Climatología

El cantón Chambo dispone de tres regímenes de temperatura que son: Isofrígido el cual se caracteriza por tener temperaturas menores de 10 °C dentro de los 50 y 100 cm de profundidad ubicándose en la parte más alta del cantón. El isomésico caracterizado por tener temperaturas mayores que 10 °C pero que no superan los 13 °C localizados en zona del bosque húmedo. Finalmente encontramos el régimen isotérmico con temperaturas mayores a 13 °C pero inferiores a 22 °C. (Dirseciu, 2007, p.1-14).

1.2.9. Páramo

El páramo es un ecosistema restringido a las cumbres de algunas regiones tropicales de Centro y Sudamérica, Asia, África y Oceanía. Es un ecosistema neotropical donde predomina la vegetación con gran variedad de lagunas, pantanos y praderas húmedas, que comprende aproximadamente entre 3.000 y 5.000 metros sobre el nivel del mar. Este hábitat se distingue principalmente por su clima húmedo y frío, con una temperatura que oscila entre -3 °C a 20°C y una precipitación anual que oscila entre los 500 a 3.000 milímetros. (Bustamante, et al., 2011, p. 11-152).

Este hábitat es propenso a mantener un equilibrio ambiental ya que acumula grandes cantidades de carbono orgánico en el suelo, este proceso contribuye a la disminución de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, evitando el cambio climático y ayuda a la regulación hídrica, la cual es una de la más importante para la población. Se recomienda conservar y manejar sustentablemente el páramo ya que en la actualidad este ecosistema se encuentra en una constante amenaza por las actividades como deforestación, sobrepastoreo, avance de frontera agrícola y actividades agrícolas (Paucar y Velastegui , 2019, p. 20-23) (Morales, 2020, p. 11-15).

El páramo en Ecuador ocupa una extensión territorial de 1'337.119 hectáreas, la cual corresponden al 5% de su territorio total. La provincia de Chimborazo posee 246.000 hectáreas de páramo, las cuales la Reserva De Producción De Fauna Chimborazo y el Parque Nacional Sangay son áreas protegidas del patrimonio nacional del estado. Los páramos de Chimborazo contienen mucha materia orgánica, la cual es vital para la producción del suelo y así también para procesos de regulación hídrica, infiltración, penetración de raíces y la concentración de (Bustamante, et al., 2011, p. 11-152) (Morales, 2020, p. 11-15).

El páramo en el Cantón Chambo se encuentra dentro del sector de los Cubillines con un área Protegida constituida por Pajonales y Paramo, los cuales ocupan una superficie aproximada de 4867, 25 hectáreas que corresponden al 29,58% de la superficie total. Según datos del Ministerio del Ambiente, en Chambo existe una extensión de 7720,47 hectáreas de Paramo Remanente, que funcionan como áreas de reserva ecológica o colchones de agua que benefician al cantón. (Dirseciu, 2007, p. 1-14).

1.2.9.1. Tipos de páramo

Existe cuatro tipos de páramos: Paramó de pajonal, caracterizadas por extensiones cubiertas de pajonales, este tipo de paramos existe en toda provincia de Chimborazo. Subpáramos, su vegetación comprende bosques andinos y está entre 3.000 a 3.600 msnm en la cordillera Central y entre 3.200 a 3.900 msnm en la cordillera Occidental, comprende un rango de temperaturas que oscila 6 y 12 °C.

Páramos, la cual comprende un rango altitudinal de 3.600 hasta 4.700 msnm con una temperatura que oscila de 3-6 °C. Superáramos la cual comprende todas las montañas más altas y esta de 4.200 msnm (Camacho, 2014, p. 77-92) (Morales, 2020, p. 11-15).

Según (Camacho, 2014, p. 77-92) el páramo encierra diversas categorías; un factor de diferenciación es la altura. Existen tres categorías:

Tabla 6-1: Clasificación del páramo según la categoría.

Páramo	Categoría
Inferior	zona de pajonal entre 3.200 y 4.000 msnm, con una tendencia a subir del límite inferior por intervención de la presión humana
Medio	entre 4.000 y 4.500 msnm
Superior	sobre los 4.500 msnm

Fuente: (Camacho, 2014, p. 77-92).

1.3. Bases conceptuales

1.3.1. Respiración edáfica

La respiración edáfica es un indicador de la actividad microbiana dada por el resultado del metabolismo de los microorganismos presentes en el suelo que convierte el carbono orgánico en dióxido de carbono (Ebrahimi, et al., 2019, p. 371-382) (Wang, et al., 2019, p.99-105).

1.3.2. Microorganismos

Según (Martinez, et al., 2008, p. 68-96). los microorganismos son un sistema biológico (ser vivo) que viven en casi todas partes y se pueden observar en un microscopio, la cual presenta una organización biológica elemental que se diferencia claramente de los animales y las plantas. Además, son considerados clave para el funcionamiento de los sistemas biológicos y el mantenimiento de la vida sobre el planeta. (Montaño, et al., 2010, p. 15-23).

1.3.3. Cambio climático

El cambio climático es la alteración global del clima del planeta, en la cual los cambios se da a muy distintas escalas del tiempo y sobre todo parámetros climatológicos, nubosidad y precipitaciones

(Sanchez y Díaz, 2013, p. 16-18). El cambio climático se refiere al cambio de temperatura, la velocidad del viento y la humedad, donde los seres vivos recibe los mayores daños (Sanchez y Díaz, 2013, p. 16-18) (Morales, 202, p. 11-15)

1.3.4. Efecto invernadero

Se refiere a un fenómeno natural por medio de la cual la atmosfera del planeta tierra mantiene su temperatura (Caballero y Socorro, 2006, p. 1083-1085).

1.3.5. Calentamiento global

El calentamiento global es un fenómeno que incrementa la temperatura, el cual se ve reflejado en glaciares, océanos y en la atmosfera principalmente (Caballero y Socorro, 2006, p. 1083-1085).

1.3.6. Suelo

Según (Conti, 2000, p. 10-77). el suelo es la capa superficial de la tierra, biológicamente activa, compuesto por sustancias sólidas, minerales, residuos de plantas y animales, y agua; que proporciona servicios ambientales en la cual permite crecimientos de plantas, retiene nutrientes y almacena agua, además de ser un reservorio de microorganismos.

1.3.7. Páramo

El páramo en el Cantón Chambo se encuentra dentro del sector de los Cubillines con un área Protegida constituida por Pajonales y Paramo, los cuales ocupan una superficie aproximada de 4867, 25 hectáreas que corresponden al 29,58% de la superficie total. Según datos del Ministerio del Ambiente, en Chambo existe una extensión de 7720,47 hectáreas de Paramo Remanente, que funcionan como áreas de reserva ecológica o colchones de agua que benefician al cantón (Dirseciu, 2007, p. 1-14).

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización del Estudio

2.1.1. Ubicación

La zona de estudio pertenece a la unidad hidrográfica de la sub-cuenca del Rio Chambo cuya superficie es de 15.900 ha, correspondiente al Cantón Chambo Provincia de Chimborazo. Los ensayos pertinentes de la investigación se realizaron en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el laboratorio de Investigación y Desarrollo Ambiental.

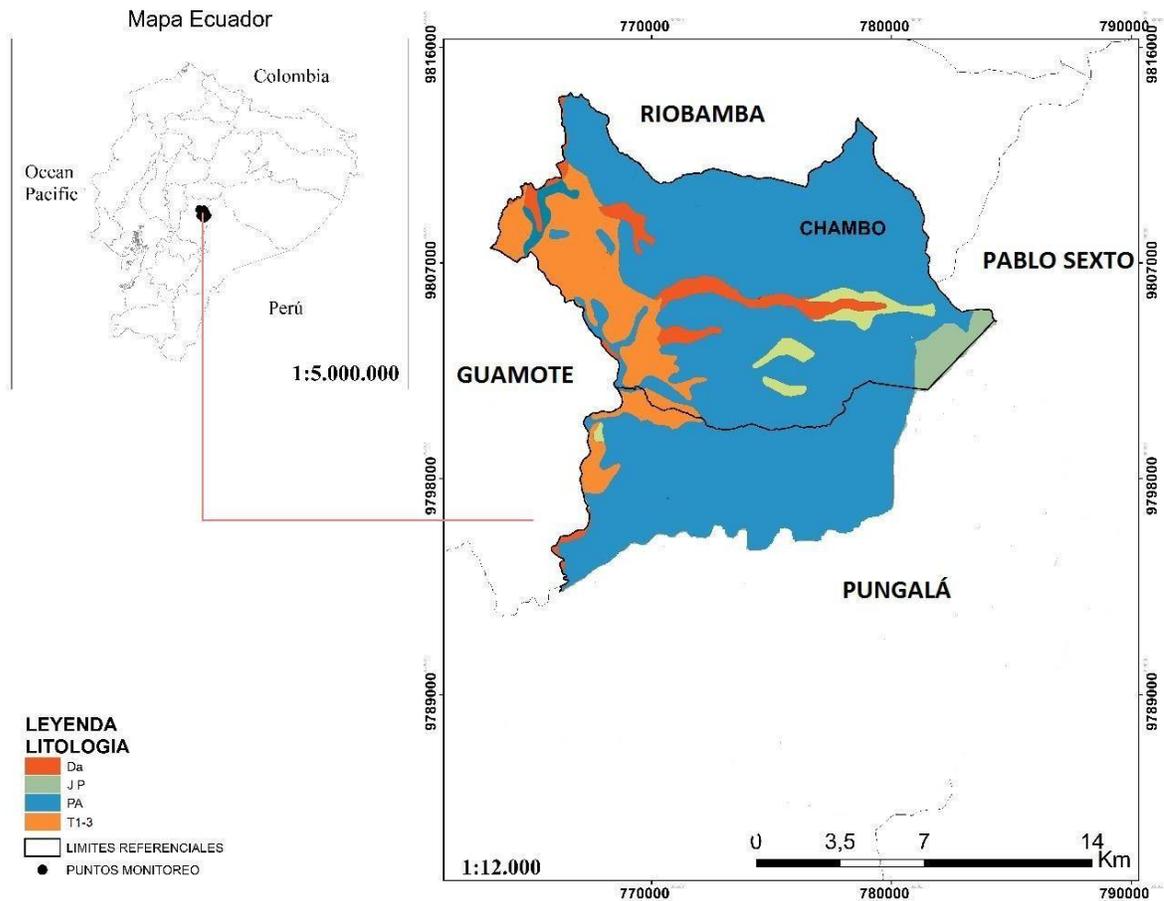


Figura 1-2: Mapa del cantón Chambo

Realizado por: GIDAC, 2021

2.1.2. Límites

Los límites del cantón Chambo, provincia de Chimborazo son:

Norte: Riobamba

Sur: Pungalá

Este: Pablo Sexto

Oeste: Guamote

2.1.3. Altitud

La ubicación altitudinal del área de estudio del cantón Chambo, provincia de Chimborazo se encuentra desde 2.600 a 4.200 m.s.n.m.

2.1.4. Clima

La temperatura promedio es de 14 °C. El clima es apto para la agricultura.

2.2. Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativo debido a que se analizan las variables, la determinación de respiración edáfica y zonas intervenidas y no intervenidas de los suelos del cantón Chambo; es de tipo aplicada, porque se quiere poner en práctica nuestros conocimientos con un fin aplicativo ya que permite lograr un objetivo concreto, como es el caso de la determinación de la respiración edáfica en zonas intervenidas y no intervenidas; la investigación es explicativa porque se realiza con el objetivo de ayudar a los investigadores a estudiar el problema con mayor profundidad, ya que se centra en explicar y aclarar las condiciones en las que se relacionan nuestras variables; es de tipo Cuasiexperimentos debido a que vamos a experimentar las variables, dependiente (respiración edáfica para observar su efecto sobre la variable independiente zonas intervenidas y no intervenidas del cantón Chambo); se trata de una investigación de laboratorio debido a que las muestras de suelo recogidas en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo se traslada a un laboratorio ya que requieren de equipos y materiales para determinar la respiración edáfica tanto en zonas intervenidas como no intervenidas; la investigación es de tipo transversal debido a que se estudia diferentes variables en un tiempo determinado ya que nos mostraran resultados muy fiables para corroborar nuestra hipótesis planteada y finalmente es de tipo deductivo debido a que se usa principios generales

para llegar a una conclusión específica en este caso de comprobar que existe la variación de la respiración edáfica con el cambio de uso de suelo en el cantón Chambo, provincia Chimborazo.

2.3. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es cuasiexperimental debido a que vamos a manipular más de una variable, dependiente respiración edáfica para observar su efecto sobre la variable independiente zonas intervenidas y no intervenidas en el cantón Chambo.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis nula:

No existe diferencias significativas en la respiración edáfica en las zonas intervenidas y no intervenidas en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo.

2.4.2. Hipótesis alterna

Existe diferencias significativas en la respiración edáfica en las zonas intervenidas y no intervenidas en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo

2.5. Variables

2.5.1. Variable dependiente

Respiración edáfica

2.5.2. Variable independiente

Zonas intervenidas y no intervenidas

Muestras de suelos

2.6. Técnicas de recolección de datos

Se realizó la delimitación del área de estudio con la ayuda de un sistema de información geográfica ArcGIS para conocer y realizar con precisión el área que se va a estudiar en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo.

2.7. Población de estudio

La población de estudio se consideró el área del cantón Chambo, provincia de Chimborazo, la cual consta de 15900 hectáreas (ha) superficie total.

2.8. Tamaño de la muestra

En el cantón Chambo, provincia de Chimborazo se determinó 39 muestras de suelo, se obtuvo las muestras de los estratos mediante una afijación proporcional basada en el tamaño de cada estrato definido por las zonas intervenidas y no intervenidas presentes en el páramo de Chambo, a partir de la siguiente ecuación:

$$n_i = n * w_i; \quad w_i = \frac{N_i}{N}$$

Obteniéndose los siguientes resultados de acuerdo con cada zona:

$$n_{Intervenido} = 39 * 0.47 = 18$$

$$n_{No Intervenido} = 39 * 0.53 = 21$$

Se obtuvo “n” de 39 muestras compuesta, la cual se considera parcelas y para determinar el conglomerado se divide para 3 y obtenemos 13 conglomerados.

2.9. Selección de la muestra

Para la selección de muestra se consideró el suelo no intervenido (páramo) vs suelos intervenidos (pastizado, pajonales.) un total de 13 conglomerados y de 39 muestras compuesta de suelo tomadas a una profundidad de 0-15 cm. Para la cual se estableció 6 conglomerados en páramo de los cuales 3 estaban en pajonal conservado, 1 pajonal semiconservado, 1 pajonal quemado, y 1 no conservado debido al pastoreo en suelos del cantón Chambo, provincia de Chimborazo.

Tabla 1-2: Coordenadas de 13 conglomerados del Cantón Chambo.

N°	PARCELA	ZONA	X-coord	Y-coord	Rango altitud (msnm)
1	A1	Zona Páramo (Pajonal conservado)	773631	9805948	3620
2	A2	Zona Páramo (Pajonal conservado)	773581	9805753	3446
3	A3	Zona Páramo (Pajonal conservado)	773869	9805867	3622
4	A1	Zona Páramo (Pajonal semiconservado)	774054	9801146	3840
5	A2	Zona Páramo (Pajonal semiconservado)	774244	9800992	3800
6	A3	Zona Páramo (Pajonal semiconservado)	774260	9801292	3882
7	A1	Zona Páramo (Pajonal Quemado)	773490	9800917	3722
8	A2	Zona Páramo (Pajonal Quemado)	773569	9801135	3765
9	A3	Zona Páramo (Pajonal Quemado)	773728	9800855	3724
10	A1	Zona Páramo (Pajonal no conservado debido a pastoreo de ganado)	784055	9800742	3610
11	A2	Zona Páramo (Pajonal no conservado debido a pastoreo de ganado)	784097	9800991	3612
12	A3	Zona Páramo (Pajonal no conservado debido a pastoreo de ganado)	784309	9800742	3684
13	A1	Zona Páramo (Pajonal conservado)	783999	9802800	3804
14	A2	Zona Páramo (Pajonal conservado)	784062	9802564	3822
15	A3	Zona Páramo (Pajonal conservado)	784236	9802888	3921
16	A1	Zona Páramo (Pajonal conservado)	784682	9803619	4004
17	A2	Zona Páramo (Pajonal conservado)	784720	9803082	4012
18	A3	Zona Páramo (Pajonal conservado)	784934	9803613	4128
19	A1	Zona de pasto	767504	9809624	2722
20	A2	Zona de pasto	767313	9809789	2730
21	A3	Zona de pasto	767672	9809723	2800
22	A1	Zona intervenida (Pasto, antes cultivo de cebolla - propiedad de la Sra. Rosa)	768033	9807274	2808
23	A2	Zona intervenida (Pasto, antes cultivo de cebolla - propiedad de la Sra. Rosa)	768044	9807021	2823
24	A3	Zona intervenida (Pasto, antes cultivo de cebolla - propiedad de la Sra. Rosa)	768371	9807320	2844
25	A1	Zona intervenida (Pasto)	769134	9810703	3029
26	A2	Zona intervenida (Pasto)	769029	9810939	3036
27	A3	Zona intervenida (Pasto)	769391	9810705	3046
28	A1	Zona intervenida (Pasto-Sector de pastoreo y labrado)	771822	9809200	3320
29	A2	Zona intervenida (Pasto-Sector de pastoreo y labrado)	772069	9809160	3356

30	A3	Zona intervenida (Pasto-Sector de pastoreo y labrado)	771708	9809388	3282
31	A1	Zona intervenida (Pasto-Sector de pastoreo y labrado)	773210	9808261	3560
32	A2	Zona intervenida (Pasto-Sector de pastoreo y labrado)	773202	9808017	3522
33	A3	Zona intervenida (Pasto-Sector de pastoreo y labrado)	772961	9808257	3496
34	A1	Zona Intervenida (Pasto)	773171	9802398	3465
35	A2	Zona Intervenida (Pasto)	773105	9802618	3478
36	A3	Zona Intervenida (Pasto)	773392	9802437	3498
37	A1	Zona Intervenida (Pasto- cerca de la carretera)	774616	9805390	3588
38	A2	Zona Intervenida (Pasto- cerca de la carretera)	774855	9805482	3496
39	A3	Zona Intervenida (Pasto- cerca de la carretera)	774392	9805333	3446

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021 (Gidac).

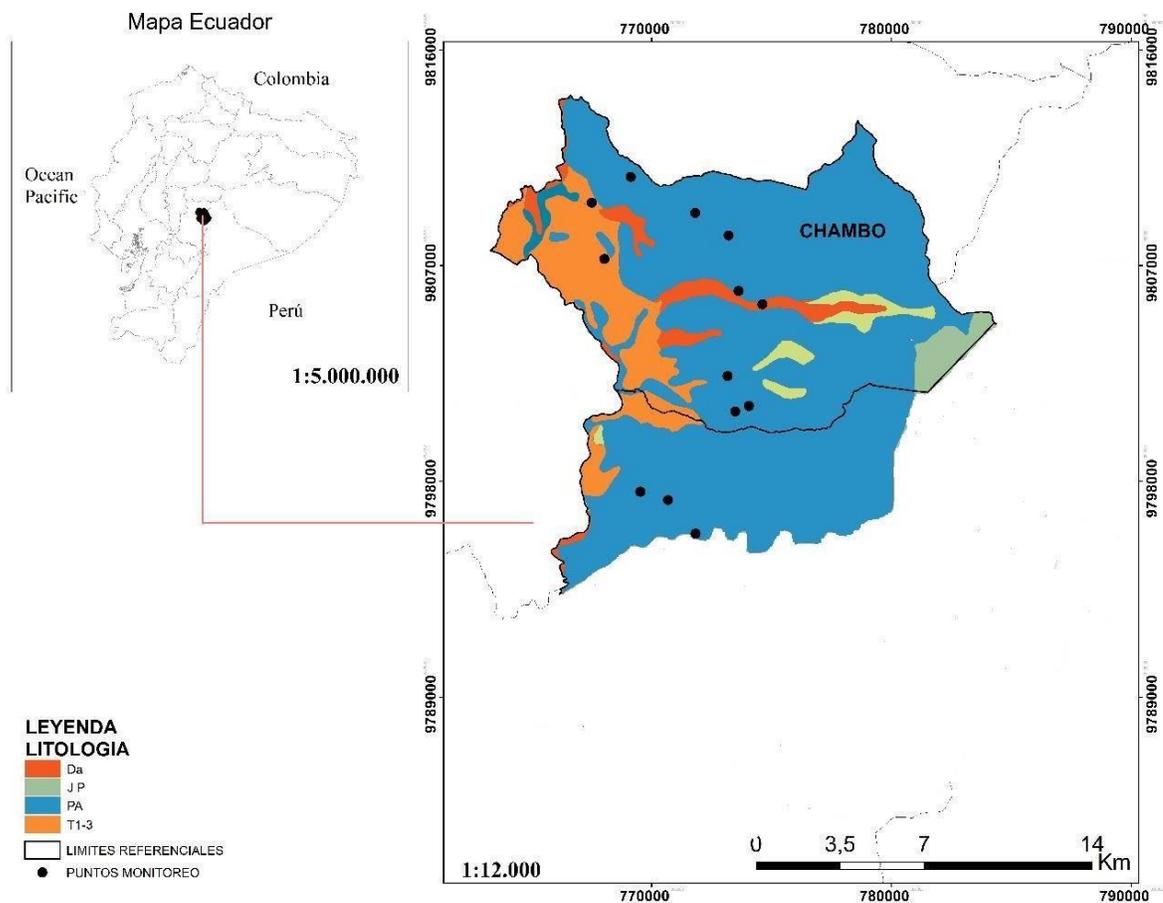


Figura 2-2: Puntos de monitoreo en los suelos del Cantón Chambo

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021 (Gidac).

2.9.1. Fase de campo

2.9.1.1. Diseño de muestreo

Se utilizó el método de muestreo establecido por Ministerio del Ambiente y ONU-REDD+, 2020 denominado por conglomerado que consistió en establecer 3 parcelas en forma de L, en la cual cada uno de ellos está separado por 250 m. Cada parcela se divide en 5 subparcelas de 20m x 20m en forma de X, en la cual se saca la muestra en cada esquina y en la mitad.

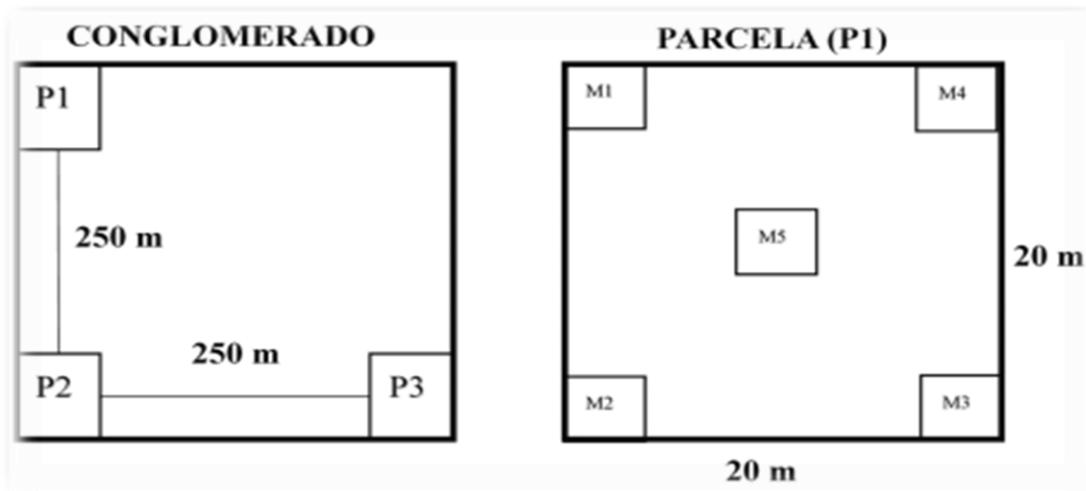


Figura 3-2: Diseño del muestreo en el campo

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021.

Para la toma de muestra de cada conglomerado se utilizó la siguiente técnica:

Se utilizó un GPS para lograr llegar al punto exacto de muestreo.

- Se limpia la superficie para tomar de muestra.
- Se utilizó un barreno para sacar la muestra a una profundidad de 0-15 cm para respiración edáfica.
- Se recolectó 3 muestras compuestas para respiración edáfica, se mezclaron homogéneamente.
- Se colocó en una cubierta de sellado hermética (ziploc) para evitar pérdidas debido a la evaporación y se etiquetan.
- Se tomó un porcentaje para la realización de tres réplicas por conglomerado para respiración edáfica y el resto se destinó a los análisis físico-químicos.

2.9.1.3. Método para materia orgánica, pH, conductividad, carbono orgánico, textura y color

Con la ayuda de un barreno a una profundidad 0-30 cm y 0-60cm, se extrajo la muestra para almacenar en una funda ziploc, la cual se etiqueta respectivamente tomando en cuenta el número de conglomerado, número de parcela y la altura.

2.9.1.4. Método para densidad aparente y % de humedad

Poner autor de método Para la densidad, con la ayuda de una hoyadora se realizó un hoyo de 0-30 cm y 0,60cm en sus respectivas parcelas para introducir un cilindro en forma horizontal en la cual se toma la muestra a nivel de sus perfiles, posteriormente se retiró con la ayuda de la misma hoyadora y se procede a envolver con funda plástica para que no pierda la humedad, por último, se procedió a codificar. Para el análisis de humedad se utiliza la muestra del mismo cilindro.

2.9.2. Fase laboratorio

2.9.2.1. Preparación de reactivos

- **Solución 1 molar (M) de hidróxido de sodio (NaOH)**
 - Se pesó 39,9969 gramos (g) en una balanza analítica.
 - Se colocó el hidróxido de sodio en un balón de aforo de 1 litro.
 - Se añadió agua destilada y agitamos para disolver el hidróxido de sodio.
 - Se aforó con agua destilada hasta la marca de aforo.
 - finalmente se almacenó en una botella ámbar.
- **Solución 0,1 molar (M) de hidróxido de sodio (NaOH)**
 - Se procedió a pesar 3,9996 gramos en una balanza analítica.
 - Se colocó el hidróxido de sodio en un balón de aforo de 1 litro.
 - Se añadió agua destilada y agitamos para disolver el hidróxido de sodio.
 - Se procedió a aforar con agua destilada hasta la marca de aforo.
 - Finalmente se colocó en una botella ámbar
- **Solución 0.05 molar (M) de cloruro de bario (BaCl₂)**
 - Se procedió a pesar 10.41 g de BaCl₂ químicamente puro en un vidrioreloj.
 - Se colocó en un balón de aforo el BaCl₂ pesado.
 - Se procedió a aforar con agua destilada

- Se almacenó el reactivo 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 para preparar 1000 mililitro.
- Se colocó en un balón de aforo y luego se puso agua destilada y se agita.
- Luego se aforo hasta la marca de aforo.
- Últimamente se colocó 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 químicamente puro en una balanza analítica.
- Se colocó la fenolftaleína en un balón de aforo de 100 ml
- Se procedió a poner etanol a 60 % y con una agitación constante
- Por último, se aforo.
- Se almacenó en una botella ámbar con cuenta gotas.

(Bloem y Hopkins , 2007, p. 17-20)

2.9.2.2. Cuantificación de la respiración edáfica

Para la cuantificación de la respiración edáfica se utilizó el método por titulación ya que este método es bastante simple, directo y sus materiales es de fácil de conseguir.

El principio del método descrito por (Bloem y Hopkins , 2007, p. 17-20) consiste en que el dióxido de carbono producido en la muestra del suelo queda atrapado en la solución de hidróxido de sodio utilizado como se muestra en la siguiente ecuación química:



Se agrega cloruro de bario (BaCl_2) al vaso de precipitación que contiene carbonato de sodio (Na_2CO_3) más agua (H_2O) para precipitar el CO_2 absorbido, como se observa en la siguiente ecuación:



A medida que se disuelve el dióxido de carbono la reacción química se ve forzada a la derecha, siempre cuando la solución alcalina contenga un gran exceso de hidróxido (OH^-). EL OH^- no consumido se titula con el ácido clorhídrico (HCl) al final de la incubación, con el objetivo de medir el dióxido de carbono desprendido.

Según la metodología propuesta en (Bloem y Hopkins , 2007, p. 17-20). se realizó de la siguiente manera:

1. Preincubación

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 puede ser la humectación, agitación, ciclo de secado, descongelación y congelación, todo estos factores provocan una explosión de dióxido de carbono y afecta al momento de calcular la respiración de suelo (Bloem y Hopkins , 2007, p. 17-20). (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 agregó el papel filtro humedecido al fondo (El agua que lo humedece debe estar sin CO₂, se recomienda agua destilada).
- En un vaso de precipitación se agregó 2 ml de NaOH 1M.
- Se colocó el vaso de precipitación al fondo del frasco de medio litro.
- Se agregó 40 g de suelo sin hojas, raíces, y remanentes rocosos al fondo del frasco (procurar no tocar el vaso de precipitación con 2 ml de NaOH)
- Se Dejó incubar a temperatura de laboratorio por 7 días.

2. Incubación

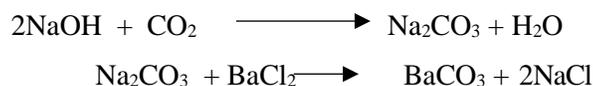
Se refiere a incubar la muestra y el blanco por 24 horas antes de la titulación.

- Después de los 7 días de pre incubación previa, se retiró el vaso de precipitación del frasco, la cual fue reemplazado por otro vaso al que se le ha agregado 2ml de NaOH 0.1M.
- Se aseguró que el papel filtro este humedecido, y se cerró herméticamente el frasco de medio litro.
- Se incubó a temperatura ambiente por 24 horas.

3. Medición

Se refiere a la titulación de las muestras y blanco.

- Se retiró el vaso de precipitación.
- Se agregó 4ml de BaCl₂ 0.05M, para precipitar el carbonato como BaCO₃.



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

4. Cálculo

La cuantificación de respiración edáfica (RE) fue calculada en unidad de ug CO₂-C/g, por hora mediante la fórmula (Bloem y Hopkins , 2007, p. 17-20).

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

Dónde:

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

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

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

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

t: Tiempo de incubación en horas (h)

(Se debe incluir un factor de 2 en la formula, ya que se consume dos OH⁻ por precipitación de CO₂.

Si utilizo otra concentración de HCL se debe ajustar la formula).

(Bloem y Hopkins , 2007, p. 17-20)

2.9.2.3. Determinación de propiedades físico-químicos del suelo

1. Determinación de Densidad Aparente y Humedad

La densidad aparente se analizó apenas que llegue de campo, la cual se realiza por medio de un cilindro de volumen conocido:

- En la balanza analítica modelo OHAUS se pesó en la tarrina de aluminio.
- Se eliminó la funda plástica sellada anteriormente en el campo.
- La muestra de suelo de los cilindros se procedió a poner en la tarrina de aluminio con la ayuda de una espátula.
- Se pesó en la balanza analítica la canasta de aluminio con la muestra de suelo de los cilindros, y se le conoce el peso en húmedo.
- Se colocó en la estufa a 105°C durante 24 horas.
- Luego de la hora establecida se retiró de la estufa para pesar la cual es el peso en seco.

Para la densidad aparente se utilizó la siguiente ecuación:

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

DA=Densidad Aparente

PS= Peso seco

PC=peso tarrina

V= Volumen conocido del cilindro calibrado

Para la humedad se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{PH - (PS - PC)}{PH} * 100$$

%H=% contenido de humedad.

PH=Peso húmedo.

PS=peso seco.

PC=peso tarrina.

2. Determinación de (potencial de hidrogenoides) pH

- En una balanza analítica modelo OHAUS, se pesó 20 gr de suelo de la muestra en un vaso plástico.
- Se añadió 45 ml de agua destilada, agitar 15 minutos.
- Se dejó reposar por 3 minutos.
- Se midió con un pH-metro de mesa modelo Accumet Fisher Scientific,
- Se anotó los valores.

21 Determinación de (potencial de hidrogenoides) pH en seco

- En una balanza analítica modelo OHAUS, se pesó 20 gr de suelo de la muestra seca en un vaso plástico.
- Se añadió 45 ml de agua destilada, agitar 15 minutos.
- Se dejó reposar por 3 minutos.
- Se midió con un pH-metro de mesa modelo Accumet Fisher Scientific,
- Se anotó los valores.

3. Determinación de (Conductividad Eléctrica) CE

- Para la conductividad se utilizó la solución utilizada para pH, pero se les reposó durante 24 horas.
- Se midió con un conductímetro marca Hach
- Se registró los valores conductividad en unidad de $\mu\text{S}/\text{cm}$.

31 Determinación de (Conductividad Eléctrica) CE en seco

- Para la conductividad se utilizó la solución utilizada para pH en muestra seca, pero se les reposó durante 24 horas.
- Se midió con un conductímetro marca Hach
- Se registró los valores conductividad en unidad de $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4. Determinación de Materia orgánica y Carbono orgánico

- La muestra de suelo se procedió a secar en un papel periódico a temperatura ambiente hasta observar que la muestra este bien seca.
- Se procedió a tamizar la muestra secada con un tamiz de una fracción de 250 micrómetros (μm), (análisis de pH) ,425 micrómetro (μm) se utiliza para determinar materia orgánica.
- Se taró los crisoles para eliminar las impurezas en una mufla a 900°C durante 2 horas.
- Luego de la hora prevista se le enfría en un desecador.
- Se etiqueto los crisoles con los códigos respectivos la cual se pesó en una balanza analítica (P1).
- Utilizando la técnica del cuarteo se pesa 5,0000 gramos de suelo de muestra en una balanza analítica (P2).
- Se colocó en la estufa por 24 horas a una temperatura de 105°C , luego de la hora prevista se enfrían las muestras en un desecador y luego se pesó (P3).
- Por último, se colocó las muestras en la mufla por 2 horas a una temperatura de 360°C , se enfrían las muestras en un desecador y se pesó (P4).

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

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

%MO= Porcentaje de materia orgánica

P1= Peso crisol

P3= Peso en estufa a una temperatura de 105°C por 24 horas

P4=Peso en mufla a una temperatura de 360°C por 2 horas

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

$$\%CO = R\%MO / 1,724$$

%CO = Porcentaje de carbono orgánico

R%MO = Resultado Porcentaje de materia orgánica

1,724 = Constante

(Bloem y Hopkins , 2007, p. 17-20).

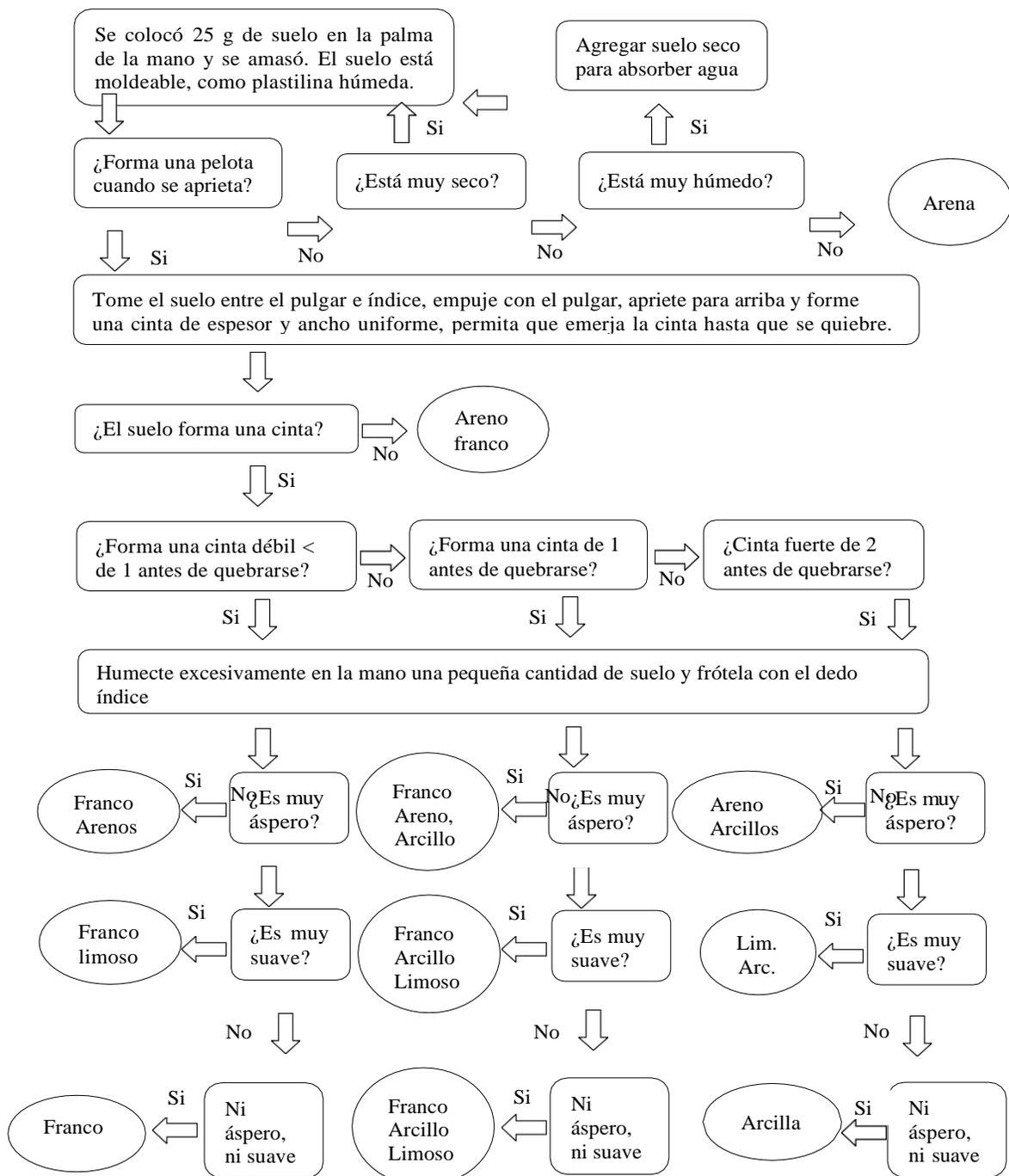
5. Determinación de Color

- Se usó la tabla Munsell
- Se colocó la muestra de suelo no más de 20 gramos
- Se comparó con la tabla Munsell y se coloca el color correspondiente.

(FAO. 2009, p. 12-111).

6. Determinación de Textura por tacto

Figura 4-2: Procedimiento para la determinación de textura por el método de tacto



FAO, 2009.

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

31 Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos del cantón Chambo.

Tabla 1-3: Resultados de respiración edáfica y las propiedades químicas de los suelos no intervenido del Cantón Chambo.

Altitud m.s.n.m.	Código	RE (ug CO ₂ -C/g por hora)	pH	Conducti vidad eléctrica (uS/cm)	M.O (%)	C.O (%)	Humedad (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
R1: 3400- 3600	C3-R1-PA	0,042	5,95	39,72	18,3	10,63	53,9	0,63
R1: 3600- 3800	C2-R2-PA	0,109	7,47	28,31	17,3	11,19	59,1	0,51
R1: 3600- 3800	C1-R3-JP	0,233	5,65	96,43	17,1	10,02	56,9	0,50
R1: 3800- 4000	C2-R3-PA	0,218	7,22	29,15	19,3	9,89	57,6	0,57
R1: 3800- 4000	C3-R3-JP	0,259	7,74	10,94	22,6	13,13	67,1	0,41
R1: 4000- 4200	C1-R4-JP	0,234	7,24	30,82	14,8	8,57	64,0	0,49
PROME DIO		0.182	6,88	39,22	18,24	10,57	59,76	0.51
RE: Respiración Edáfica. MO: Materia Orgánica. CO: Carbono Orgánico. C1-C3: Conglomerado.R1 R3: Rango altitudinal. PA: Piroclásticas. JP: Cuarcita, Meta Volcánica, Filita, Esquistos.								

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021 (Gidac).

Tabla 2-3: Resultados de las propiedades físicas de los suelos no intervenidos del Cantón Chambo.

Altitud m.s.n.m.	Código	Color	Textura
R1: 3400-3600	C3-A1-R1-PA	2,5YR - 2,5/1	Franco-arena-arcilla
	C3-A2-R1-PA	2,5YR - 2,5/1	Franco-limoso
	C3-A3-R1-PA	2,5YR - 3/1	Franco-arcillo-limoso
R1: 3600-3800	C2-A1-R2-PA	5YR - 2,5/1	Areno-franco
	C2-A2-R2-PA	10YR - 3/1	Franco-arenoso
	C2-A3-R2-PA	10YR - 3/1	Franco-arenoso
R1: 3600-3800	C1-A1-R3-JP	7,5YR - 3/1	Franco-arena-arcilla
	C1-A2-R3-JP	7,5YR - 2,5/1	Franco
	C1-A3-R3-JP	7,5YR - 2,5/1	Franco
R1: 3800-4000	C2-A1-R3-PA	10YR - 3/1	Franco-arenoso
	C2-A2-R3-PA	5YR - 2,5/1	Areno-franco
	C2-A3-R3-PA	10YR - 3/1	Franco-arenoso
R1: 3800-4000	C3-A1-R3-JP	7.5YR - 2.5/1	Franco-arcilloso
	C3-A2-R3-JP	7.5YR - 2.5/1	Franco-arenoso
	C3-A3-R3-JP	5YR - 2.5/1	Franco-arenoso
R1: 4000-4200	C1-A1-R4-JP	7,5YR - 5/1	Franco-arenoso
	C1-A2-R4-JP	7,5YR - 3/2	Franco-arenoso
	C1-A3-R4-JP	5YR - 5/2	Franco-arenoso-arcilloso
R1-R4: Rango altitudinal. C1.C3: Conglomerado. A1-A3: Parcelas. PA: Piroclásticas. JP: Cuarcita, Meta Volcánica, Filita, Esquisto.			

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021 (Gidac).

Tabla 3-3: Resultados de respiración edáfica y las propiedades químicas de los suelos intervenido del Cantón Chambo.

Altitud m.s.n.m.	Código	RE (ug CO ₂ -C/g por hora)	pH	Conducti vidad eléctrica (uS/cm)	M.O (%)	C.O (%)	Humedad (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
R1: 2600 - 2800	C1-T1/3-I	1,114	8,05	143,80	2	1,14	22,63	1,18
R1: 2800- 3000	C2-T1/3-I	0,802	6,97	83,60	2,7	1,54	24,9	1,24
R1: 3000- 3200	C3-PA-I	1,151	5,06	117,42	2,5	1,44	35,0	1,03
R1: 3200- 3400	C4-PA-I	0,156	6,15	51,71	12,2	7,07	40,8	0,93
R1: 3400- 3600	C5-PA-I	0,249	5,85	54,42	16,2	9,40	47,0	0,68
R1: 3400- 3600	C6-PA-I	0,635	6,76	170,72	9,5	5,50	21,2	1,15
R1: 3400- 3600	C7-DA-I	0,489	5,92	60,82	12,6	7,30	46,4	0,72
PROMED IO		0.656	5,82	97,49	8,24	4,77	3,98	0.99
RE: Respiración Edáfica. MO: Materia Orgánica. CO: Carbono Orgánico. C1-C7: Conglomerado R1-R4: Rango altitudinal. I: Intervenidas. PA: Piroclásticas. DA: Deposito Aluvial. T1/3: Terrazas (1-3)								

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021 (Gidac).

Tabla 4-3: Resultados de las propiedades físico-químicas de los suelos intervenidos del Cantón Chambo.

Altitud m.s.n.m.	Código	Color	Textura
R1: 2600 - 2800	C1-A1-T1/3-I	7,5YR - 5/1	Limo-arcilloso
	C1-A2-T1/3-I	7,5YR - 6/2	Limo-arcilloso
	C1-A3-T1/3-I	7,5YR - 5/2	Arenoso-arcilloso
R1: 2800-3000	C2-A1-T1/3-I	10YR - 5/2	Arcilla
	C2-A2-T1/3-I	10YR - 5/3	Limo-arcilloso
	C2-A3-T1/3-I	10YR - 4/2	Limo-arcilloso
R1: 3000-3200	C3-A1-PA-I	5YR - 5/1	Franco-areno-arcilla
	C3-A2-PA-I	5YR - 5/1	Franco-limoso
	C3-A3-PA-I	5YR - 5/2	Franco-arcillo-limoso
R1: 3200-3400	C4-A1-PA-I	5YR - 3/1	Areno-arcilloso
	C4-A2-PA-I	5YR - 4/1	Limo-arcilloso
	C4-A3-PA-I	5YR - 3/1	Limo-arcilloso
R1: 3400-3600	C5-A1-PA-I	5YR - 3/1	Areno-arcilloso
	C5-A2-PA-I	5YR - 4/1	Limo-arcilloso
	C5-A3-PA-I	5YR - 3/1	Limo-arcilloso
R1: 3400-3600	C6-A1-PA-I	7,5YR - 5/3	Areno-arcilloso
	C6-A2-PA-I	7,5YR - 7/3	Areno-arcilloso
	C6-A3-PA-I	7,5YR - 6/2	Limo-arcilla
R1: 3400-3600	C7-A1-DA-I	7,5YR - 4/1	Franco-arenoso
	C7-A2-DA-I	7,5YR - 3/1	Franco-arcilloso
	C7-A3-DA-I	7,5YR - 4/1	Limo-arcilloso
R1-R4: Rango altitudinal. C1.C7: Conglomerado. A1-A3: Parcelas. I: Intervenidas PA: Piroclásticas. DA: Deposito Aluvial. T1/3: Terrazas (1-3)			

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021 (Gidac).

3.2. Análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos del cantón Chambo.

3.2.1. Análisis de la Materia orgánica (M.O)

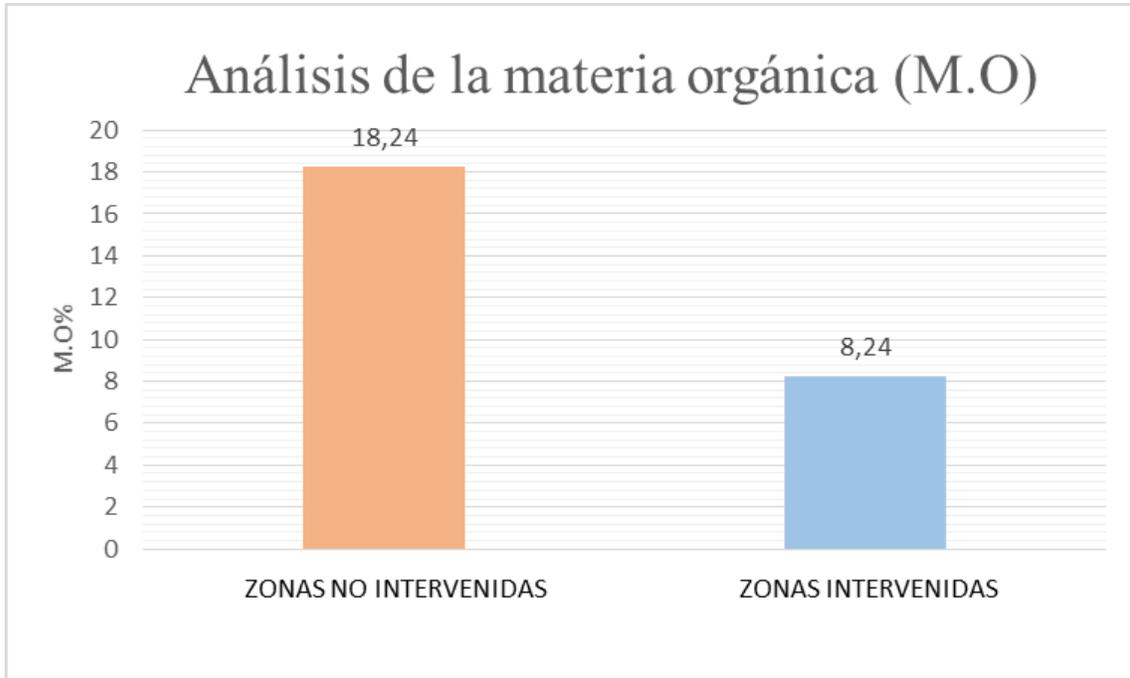


Gráfico 1-3: Distribución de M.O (%) de los suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021.

Como se observa en el Gráfico 1-3; los suelos no intervenidos (páramos) del cantón Chambo presentan un valor de 18,24% de materia orgánica y los suelos intervenidos presenta un promedio de 8,24% de materia orgánica; según (Cárdenas, 2015, p. 70-132). el porcentaje de materia orgánica medio va entre 5-10 % en los climas fríos y tiene que ver los microorganismos directamente con la materia orgánica, los suelos intervenidos tienen un bajo porcentaje en materia orgánica, esto se debería a que los microorganismos no producen nutrientes a partir de reservas orgánicas y un factor que afecta a los microorganismos es la temperatura ya que no actúan en climas fríos; los suelos no intervenidos tienen un alto porcentaje de materia orgánica ya que las actividades de los microorganismos pueden estar influenciadas por la actividad de la fauna del suelo. Concuerdo con el autor (Mora, 2006, p. 1-6). que indica que la medición del dióxido de carbono respirado es una estimación de la actividad y, por lo tanto, de la presencia microbiana que se evidencia en mayor proporción en los suelos no intervenidos.

3.2.2. Análisis de carbono orgánico (C.O)

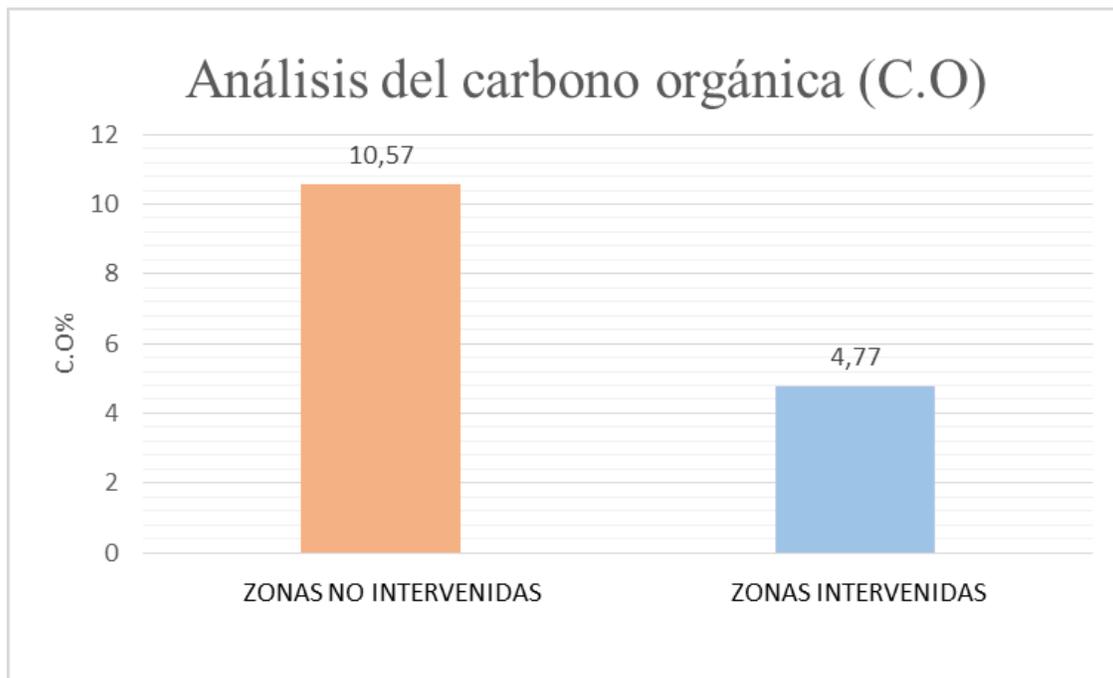


Gráfico 2-3: Distribución de C.O (%) suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021.

En el Gráfico 2-3; indica que los suelos no intervenidos (Páramos) del cantón Chambo presentan un valor de 10,57 % de carbono orgánico y los suelos intervenidos presentan un promedio de 4,77% de carbono orgánico, los suelos no intervenidos presentan un alto porcentaje de carbono orgánico esto se podría deber a que existe una actividad antropogénica relativamente baja; según (Martínez, et al., 2008, p. 68-96) esto va relacionado directamente con la materia orgánica por ende a mayor carbono orgánico existe mayor materia orgánica.

3.2.3. Análisis de humedad

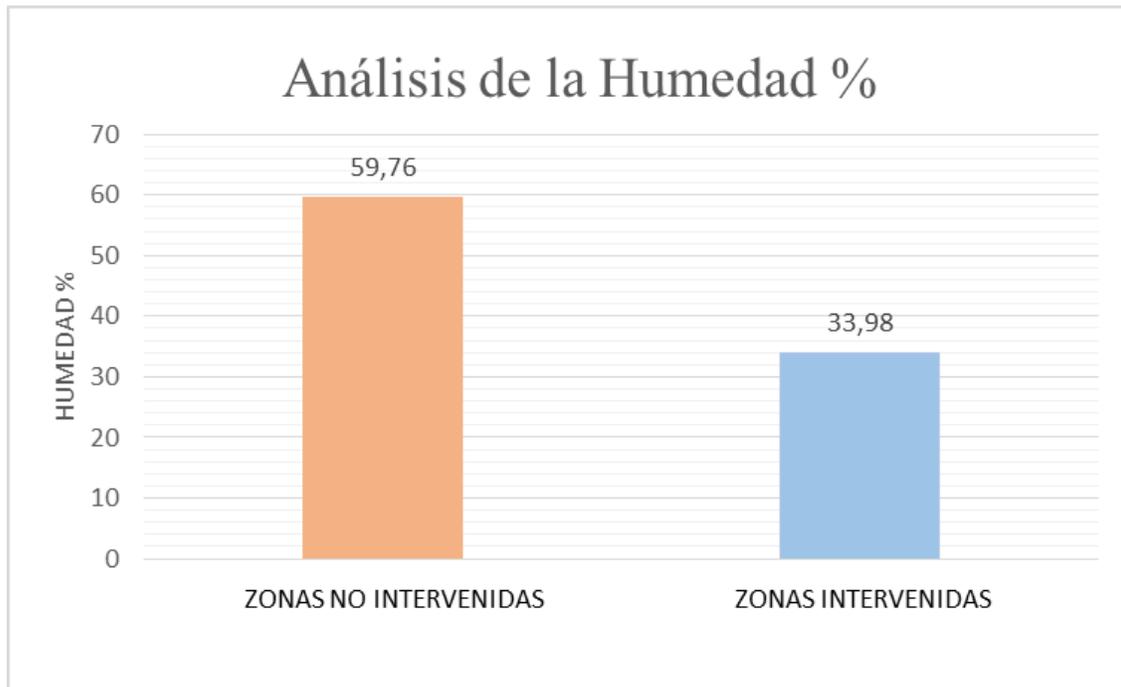


Gráfico 3-3: Distribución de la Humedad (%) de los suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021.

Los suelos no intervenidos (Páramos) del cantón Chambo presentan un valor de 59,76% de Humedad y los suelos intervenidos presenta un promedio de 33,98% de Humedad como se indica en el gráfico 3-3; en los suelos no intervenidos existe un alto porcentaje de humedad que podría deberse que al estar muy húmedo el descenso de actividad de los microorganismos aeróbicos se atribuye a la ausencia de oxígeno causada por su lenta difusión según (Alvarado, 2010, p. 1-57). mientras que en los suelos intervenidos al existir actividad antropogénica estos pierden su capacidad de retención y a su vez los cultivos absorberán la humedad con nutrientes para el crecimiento de los mismos; (Villalobos, et al., 2002, p. 496) especifica que el contenido de humedad de los suelos típicamente se encuentra en un rango de 5 a 50 % cuando se encuentran en su máxima capacidad de retención (capacidad de campo), cabe destacar que estos resultados son de un estudio realizado en época de verano comprendido entre los meses de Julio a Octubre con una temperatura promedio de 16° C.

3.2.4. Análisis de la densidad aparente

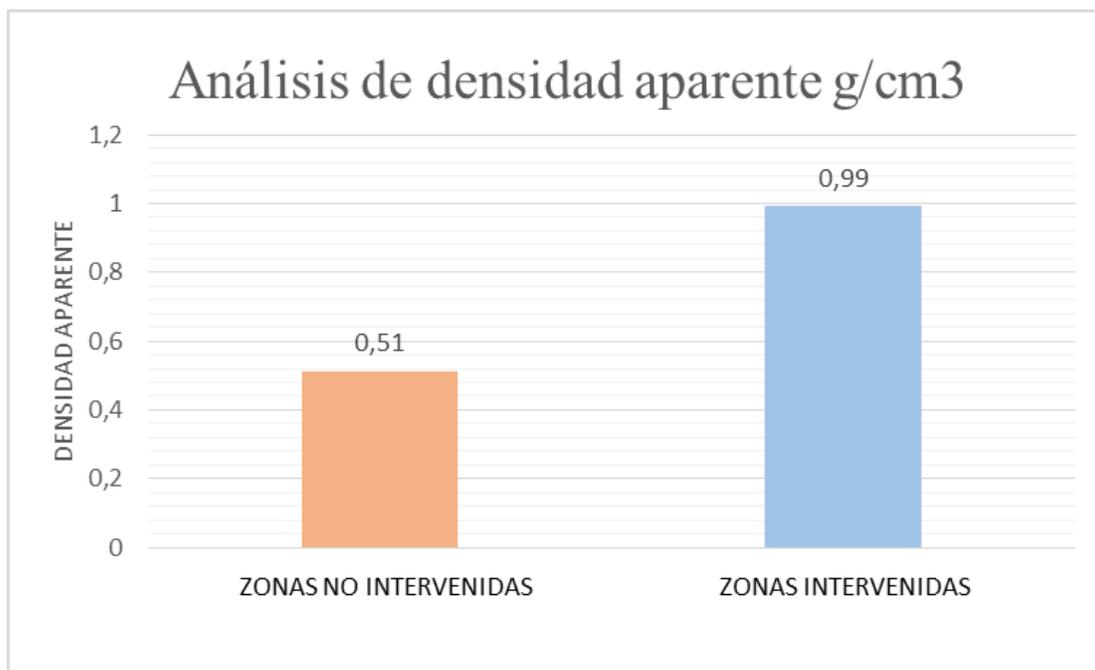


Gráfico 4-3: Distribución de la densidad aparente (g/cm^3) suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021

En el gráfico 4-3; indica que los suelos no intervenidos (Páramos) del cantón Chambo presentan un valor de 0,51% de densidad aparente (g/cm^3) y los suelos intervenidos presenta un promedio de 0,99% (g/cm^3); según (Llambí et al., 2012, p. 210-212). indica que los suelos intervenidos tienen valores superiores a 0,90 g/cm^3 lo que demuestra la existencia de una compactación por la alteración de la estructura del suelo debido a las distintas actividades antropogénicas que se realizan en dichos suelos; otro indicador clave de los suelos intervenidos es que al existir presencia de pastoreo hay plantas claves que crecen en abundancia, como *Lachemilla orbiculata*, *Rumex acetosella* y *acciachne pulvinata*; de tal manera se confirma que la densidad aparente se relaciona directamente con el uso del suelo; (Llambí, et al., 2012, pág. 210-212). aseguran que los suelos no intervenidos (Páramos) tienen rangos particulares que van desde 0,4 a 0,8 g/cm^3 , afirmando que en estos suelos no existe actividad antropogénica por lo cual el suelo no presenta una compactación o alteración en su estructura.

3.2.5. Análisis de pH

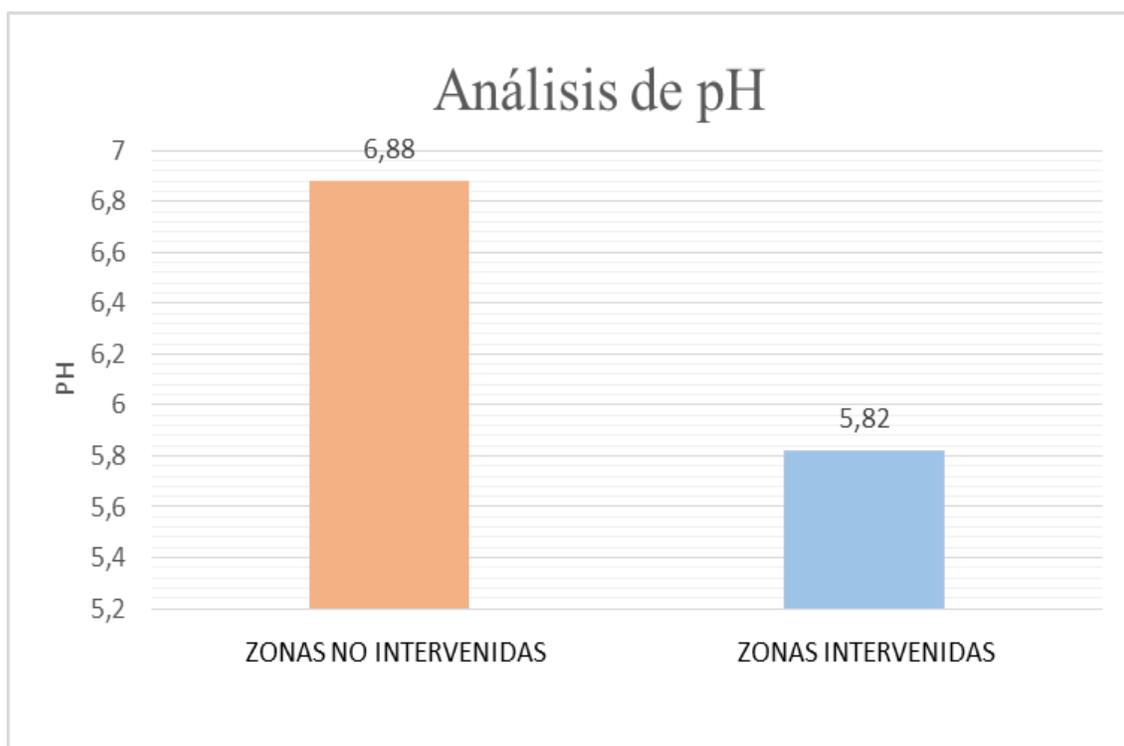


Gráfico 5-3: Distribución de pH de suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021

Como se observa en el Gráfico 5-3; los suelos no intervenidos (Páramos) del cantón Chambo presentan un valor de 6,88 de pH y los suelos intervenidos presenta un promedio de 5,82 de pH, los suelos estudiados son ligeramente ácidos según la clasificación de (Cárdenas, 2015, p. 70-132). que tienen valores de 6,0 a 6,9; según esta clasificación la acidez de estos suelos se debe a la pérdida de cationes por la cual contribuyen a la acidificación. (Di Ciocco, et al., 2014, p. 35). indica que observaron que en condiciones estándares de humedad y temperatura, la respiración de suelo no fue influenciada por el pH entre valores de 4 y 8,2. Sin embargo, los resultados de este trabajo indican que los suelos con pH 6,88 presentan una actividad respiratoria levemente superior a los suelos intervenidos.

3.2.6. Análisis de la conductividad eléctrica

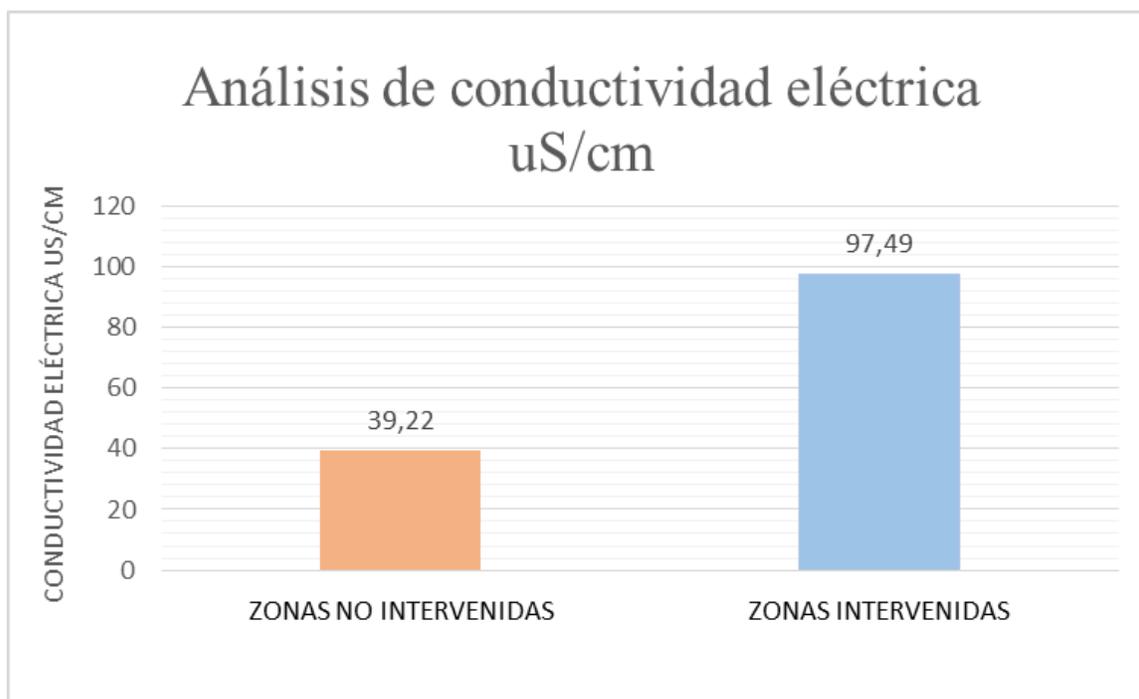


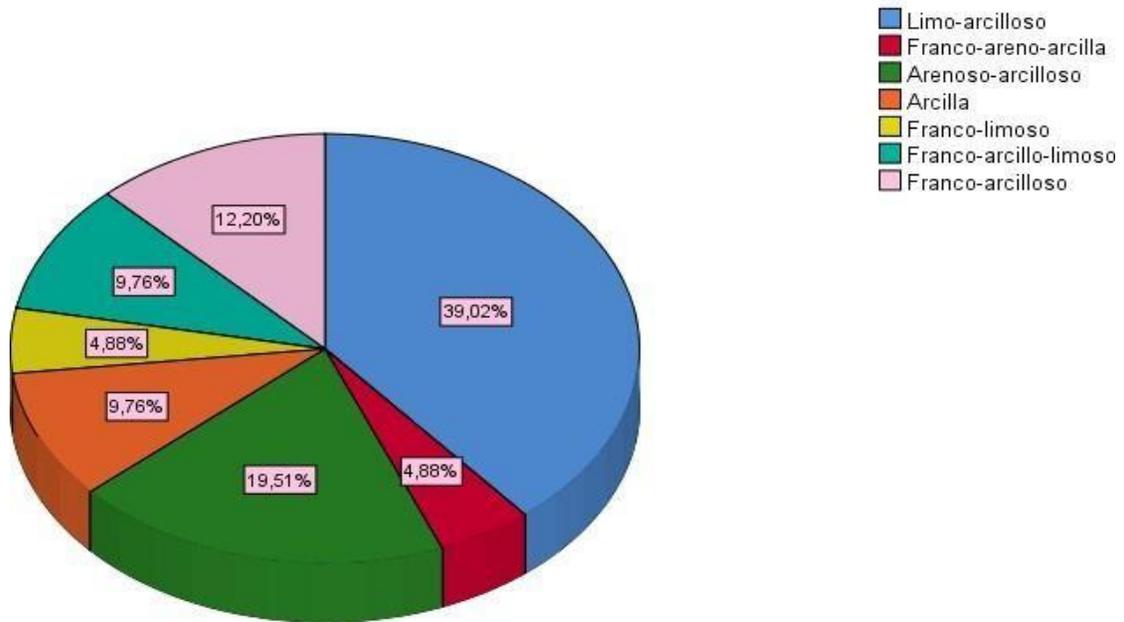
Gráfico 6-3: Distribución de la conductividad eléctrica (uS/cm) de suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021.

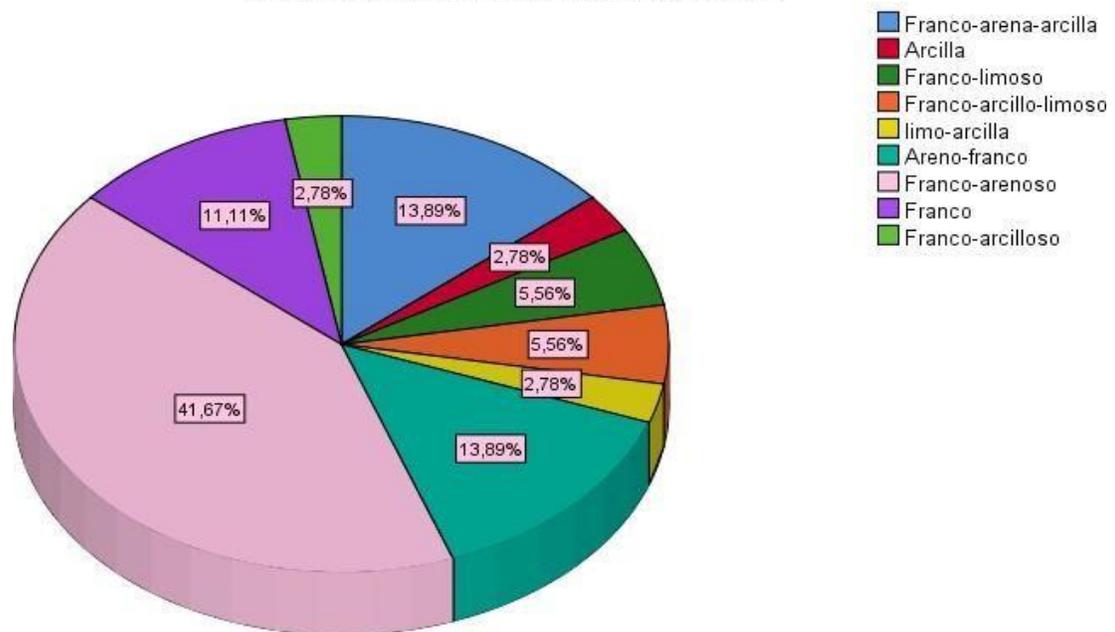
Los suelos no intervenidos (Páramos) del cantón Chambo presentan un valor de 39,22 uS/cm de conductividad eléctrica y los suelos intervenidos presenta un promedio de 97,49 uS/cm de conductividad eléctrica; según (Cárdenas, 2015, p. 70-132). los suelos no intervenidos comprenden una conductividad electrica baja debido a que ésta se relaciona directamente con la actividad antropogénica lo cual indica que un suelo conservado tendrá menor conductividad eléctrica, mientras que los suelos intervenidos la conductividad eléctrica será mayor debido a la presencia de sales, fertilizantes que aumentan la porosidad del suelo y ayuda a que la conductividad sea mayor.

3.2.7. *Análisis de Textura de suelos intervenidos y no intervenidos*

Textura de suelos Intervenidos



Textura de suelos no intervenidos



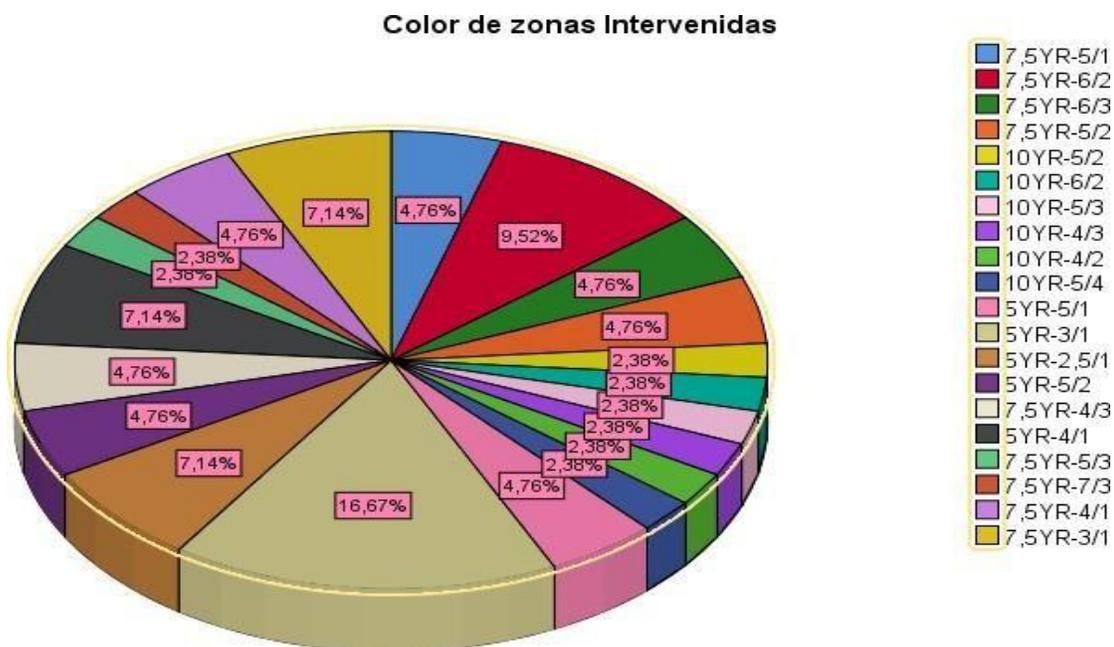
Gráficos 7-3. Distribución de Textura de suelos intervenidos y no intervenidos

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021.

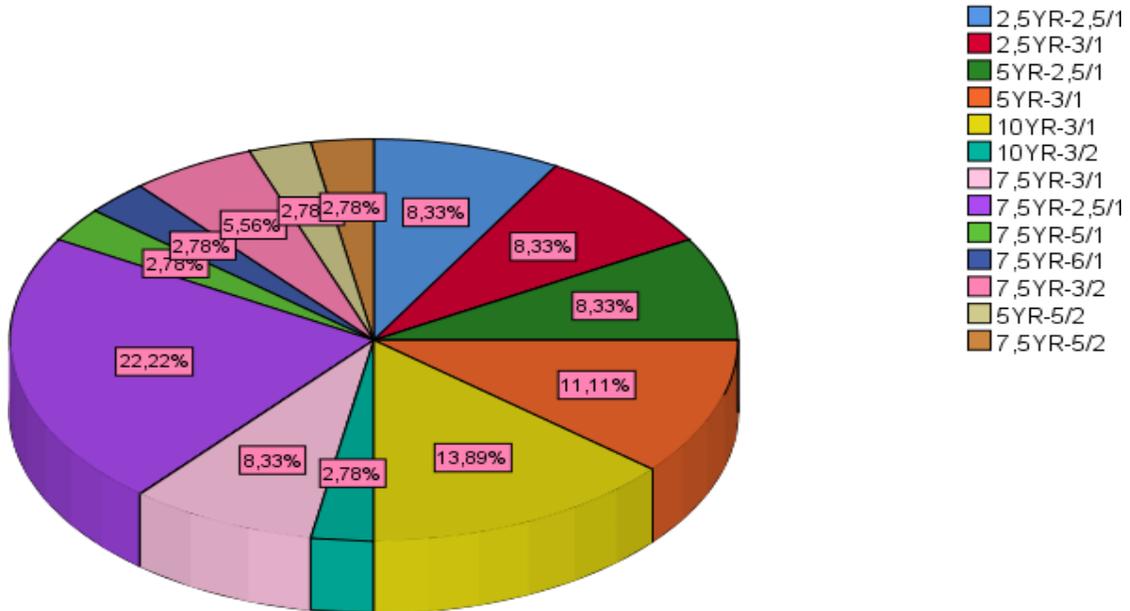
Como se puede observar en el gráfico 7-3, los suelos intervenidos presentan una textura Limo-

Arcilloso con un porcentaje de 39,02 %, los cuales son pesados, no drenan ni se desecan fácilmente y contienen buenas reservas de nutrientes, son fértiles, pero difíciles de trabajar cuando están muy secos; mientras que los suelos no intervenidos presentan un porcentaje de 41,67 % correspondiente a la textura de Franco-arenoso, los cuales son ásperos, manchan la mano y no forman figura.

3.2.8. Análisis del Color de suelos intervenidos y no intervenidos



Color de zonas No Intervenidas



Gráficos 8-3. Distribución de Color de suelos intervenidos y no intervenidos

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021

En el gráfico 8-3, los suelos intervenidos presentan un color 5YR-3/1 en un porcentaje de 16,67 %, lo que indica que estos suelos poseen color rojizo (calificador Ródico); mientras que los suelos no intervenidos presentan un porcentaje de 22,22 % correspondiente al color 7.5YR-2.5/1, que hace referencia a suelos de color entre rojizo y amarillento (calificador crómico).

3.3. Cuantificación de la Respiración edáfica de los suelos del Cantón Chambo.

3.3.1. Análisis de la Respiración Edáfica por zonas

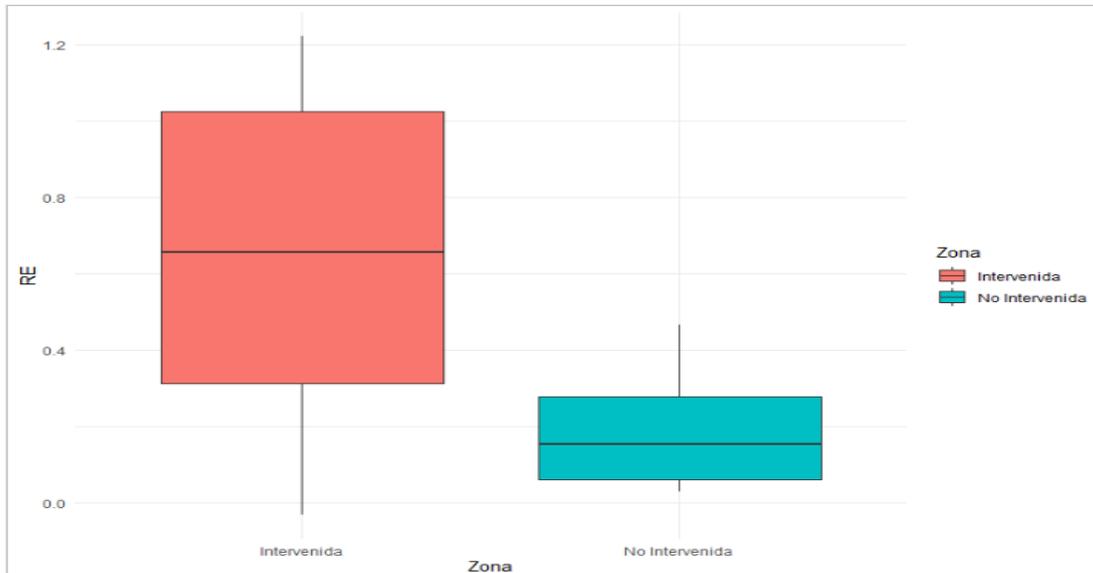


Gráfico 9-3: Distribución de la RE (ug CO₂-C/g por hora) Suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021

El Gráfico 9-3; indica que los suelos no intervenidos del cantón Chambo presentan un valor de 0,18 ug CO₂-C/g por hora de respiración edáfica y los suelos intervenidos presenta un promedio de 0,65 ug CO₂-C/g por hora; según (Cárdenas, 2015, p. 70-132). la respiración edáfica está directamente relacionado con la materia orgánica; con los estudios realizados por (Magdalena, 2013, p. 175). se indica que la mayor tasa de respiración en suelos intervenidos se debe a las prácticas de manejo de los suelos lo cual puede incrementar las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera, el alto contenido de materia orgánica también se debe al uso de abonos y fertilizantes ya que estos contienen un porcentaje variable de elementos y al ser absorbidos por la planta esta presentara características físico-químicas diferentes a las de un suelo evidentemente no intervenido, las zonas donde se encuentran pastos también tienen un porcentaje elevado de materia orgánica debido al pastoreo, en el cual el ganado devuelve al suelo parte de materia orgánica por medio de las heces; en los resultados obtenidos de este trabajo se indica que en los suelos de zonas intervenidas existe presencia significativa de microorganismos debido a las actividades antropogénicas ya que existe mayor cantidad de CO₂, es decir liberan CO₂ hacia atmósfera lo que produce un efecto negativo en el cambio climático, mientras que los suelos de las zonas no intervenidas los resultados presentan menor cantidad de CO₂ que indica que la presencia de microorganismos es baja, por lo cual el CO₂ es retenido en esta zona.

3.3.2. Análisis de la Altitud (m.s.n.m) en relación a la Respiración Edáfica

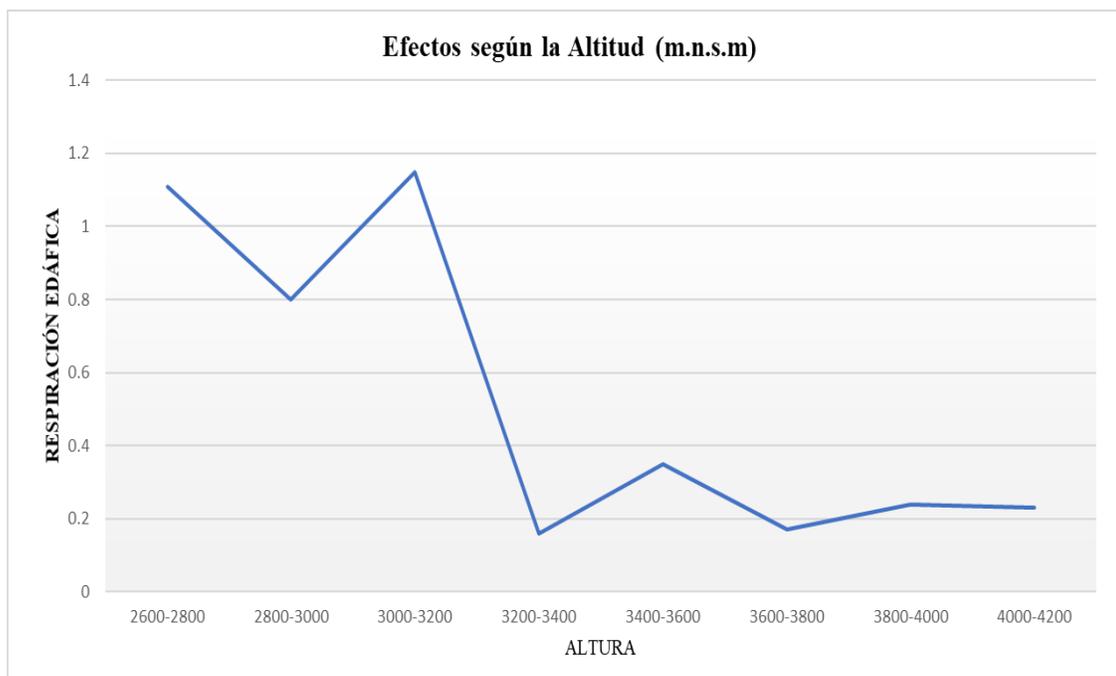


Gráfico 10-3: Efecto de la Altitud (m.s.n.m) vs respiración edáfica [RE ($\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora)]

Realizado por: Jumbo & Monar, 2021

El Gráfico 10-3 relaciona la Altitud (m.s.n.m) vs la Respiración Edáfica; se puede evidenciar a mayor altitud existe menor cantidad de respiración edáfica y a menor altitud mayor cantidad de respiración edáfica; los suelos intervenidos emanan una mayor cantidad de CO_2 a la atmosfera, esto se debe a las diferentes actividades antropogénicas, por otro lado, los suelos no intervenidos (Páramo) actúan como una reserva de CO_2 , ya que al ser escasas las actividades del hombre el suelo mantiene su estructura lo que restringe que el CO_2 sea expulsado a la atmosfera. A una altitud de 2600-2800 (m.s.n.m) el promedio de RE es de 1.11 $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, en los próximos 200 metros a una altitud de 2800-3000 (m.s.n.m) la RE promedio es de 0.80 $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, a una altitud de 3000-3200 (m.s.n.m) el promedio de RE es de 1.15 $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, en los siguientes 200 metros a una altitud de 3200-3400 (m.s.n.m) se evidencia una disminución abrupta de la RE con un promedio de 0.16 $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, a una altitud de 3400-3600 (m.s.n.m) hay un ligero aumento de RE con un promedio de 0.35 $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, en los próximos 200 metros a una altitud de 3600-3800 (m.s.n.m) hay una ligera disminución de RE con un promedio de 0.17 $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, a una altitud de 3800-4000 (m.s.n.m) se observa un aumento de RE con un promedio de 0.24 $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora, a una altitud de 4000-4200 (m.s.n.m) se mantiene la RE con un promedio de 0.23 $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ por hora.

3.3.3. Análisis de Pruebas de Normalidad a los datos de Respiración Edáfica

3.3.3.1. Normalidad de los datos

Inicialmente, es importante definir si existe normalidad de los datos, debido a que esto muestra un indicio de si los residuos obtenidos por el ANOVA cumplirán los supuestos. Se utiliza la prueba de Kolmogorov Smirnov con la corrección de Lilliefors para muestras grandes.

Tabla 5-3: Prueba de Normalidad a los datos de Respiración Edáfica

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test	
Estadístico	Valor p
0.1676	0.0000

Realizado por: GIDAC, 2021.

En la tabla 5-3 se puede determinar que los contenidos de CO₂ determinados es el sector alto de Chambo no se distribuyen de manera normal. De todas maneras, se procede a realizar la comparación a través del análisis de varianza.

1. ANOVA

Se aplica un ANOVA de una vía, teniendo a la variable de contenido de CO₂ como variable dependiente, y a la variable de zona de intervención como variable independiente.

Tabla 6-3: Análisis de varianza para respiración edáfica en zonas intervenidas y no intervenidas.

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	Estadístico F	Valor p
Zona de Intervención	4.3540	1	4.3540	48.8700	0.0000
Error	6.7710	76	0.0890		

Realizado por: GIDAC, 2021.

Con respecto al resultado de la tabla 6-3 se puede decir que existe evidencia suficiente para determinar diferencias existentes entre ambas zonas en estudio: zonas con intervención y sin intervención antrópica. Entonces, se procede a validar los resultados a través de la comprobación de supuestos.

2. Normalidad de los residuos

Se utiliza nuevamente la prueba de Kolmogorov Smirnov con corrección de Lilliefors para determinar

si existe normalidad, pero esta vez en los errores o residuos del ANOVA realizado.

Tabla 7-3: Prueba de Normalidad de los residuos del ANOVA

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test	
Estadístico	Valor p
0.1307	0.0017

Realizado por: GIDAC, 2021.

Con el resultado de la tabla 7-3 se define que no existe normalidad en los datos, puesto que el valor p obtenido por la prueba es menor a 0.05.

3. Homogeneidad de Varianzas

Tabla 8-3: Prueba para determinar homocedasticidad en los residuos

Levene's Test for Homogeneity of Variance	
Estadístico	Valor p
35.1940	0.0000

Realizado por: GIDAC, 2021.

De acuerdo con la tabla 8-3, se determina un valor p cercano a 0 por lo que se concluye el rechazo de la hipótesis de homogeneidad de varianzas para los residuos del ANOVA, incumpliendo otro supuesto importante para validar los resultados.

4. Independencia o Aleatoriedad de los residuos

Se puede asumir este supuesto cumplido, puesto que los datos fueron obtenidos mediante el muestreo aleatorio estratificado, el cual es muestreo probabilístico. Sin embargo, se puede utilizar la prueba de Durbin Watson para determinar si existe una aleatoriedad intrínseca en el comportamiento de los datos y, por ende, en sus residuos.

Tabla 9-3: Prueba de Aleatoriedad de los residuos

Test de rachas Wald - Wolfowitz	
Estadístico	Valor p
-3.6470	0.0003

Realizado por: GIDAC, 2021.

En la tabla 9-3 se observa un valor p muy pequeño, por lo que se puede asumir que no existe aleatoriedad en los residuos del ANOVA realizado.

De acuerdo con los resultados de las pruebas de hipótesis pertinentes a los tres supuestos del ANOVA,

se concluye que no se cumple ningún supuesto por lo que los resultados del ANOVA pueden no ser adecuados. Por este motivo, se procede a aplicar el análogo no paramétrico del ANOVA de una vía para comprobar la comparación de las muestras basados en estimadores robustos, la prueba de Kruskal Wallis.

5. Prueba de Kruskal Wallis

Tabla 10-3: Kruskal Walis

Test de Kruskal Wallis	
Estadístico	Valor p
29.2950	0.0000

Realizado por: GIDAC, 2021.

La prueba de Kruskal Wallis también define un valor p cercano a 0, por lo que se concluye nuevamente que existen diferencias significativas entre las zonas intervenidas por la acción del hombre y las zonas que no han sido intervenidas.

Para determinar qué tipo de relación se produce entre las zonas de intervención y el contenido de CO₂, se procedió a analizar una gráfica de cajas, en la que se resume las medidas de tendencia central y de dispersión robustas de los datos.

3.4. Correlación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas de los suelos del Cantón Chambo.

3.4.1. Correlación de las propiedades físico-químicas

3.4.1.1. Correlación General

Se procede con el análisis del comportamiento o distribución de las variables que representan las propiedades físico químicas del suelo, teniendo en cuenta que los valores de contenido de CO₂ no se distribuyen de manera normal.

Tabla 11-3: Pruebas de Normalidad en propiedades físico químicas del suelo de Chambo

Variable	Estadístico	Valor p	Decisión
Conductividad	0.0954	0.0758	Se distribuye normal
pH	0.2051	0.0000	No se distribuye normal

Porcentaje de Humedad	0.1352	0.0012	No se distribuye normal
Densidad Aparente	0.1585	0.0000	No se distribuye normal
Porcentaje de materia orgánica	0.1482	0.0002	No se distribuye normal
Porcentaje de carbono orgánico	0.1482	0.0002	No se distribuye normal

Realizado por: GIDAC, 2021.

Debido a que, en su mayoría, las variables en análisis no son normales, se toma en cuenta un estadístico de correlación no paramétrico, el coeficiente de correlación de Kendall.

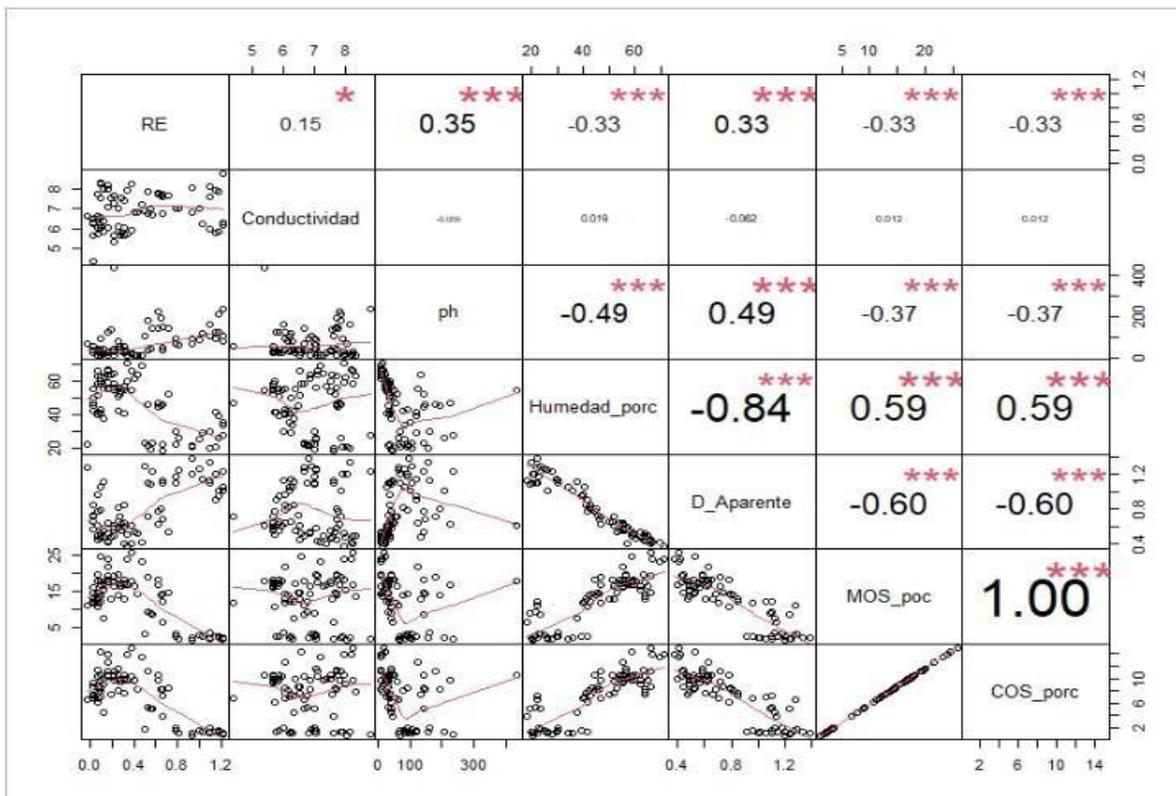


Gráfico 11-3: Coeficientes de Correlación de Kendall de las propiedades físico químicas del suelo de Chambo

Realizado por: GIDAC, 2021.

En el Gráfico 11-3 se define que existe una relación perfecta entre la relación lineal del porcentaje de carbono orgánico del suelo con el de la materia orgánica del suelo. Además, como un dato importante se puede definir que existe una fuerte relación lineal con dirección inversamente proporcional entre las variables de porcentaje de humedad con la densidad aparente, es decir mientras mayor sea la humedad menor será la densidad aparente y viceversa. El resto de los coeficientes de correlaciones

determinados en la ilustración son correlaciones lineales débiles ya sea inversamente o directamente proporcionales, entre los pares de variables analizadas.

Como se observa en el gráfico; en la respiración edáfica existe una correlación no lineal del 15% con la conductividad eléctrica con dirección directamente proporcional, es decir, mientras mayor sea la respiración edáfica mayor será la conductividad eléctrica. La respiración edáfica con la variable pH existe una correlación directamente proporcional con un porcentaje de 0.35%. La respiración edáfica con la variable humedad tiene una correlación de -0.33% es decir con dirección inversamente proporcional, mientras mayor sea la respiración edáfica menor será la humedad y viceversa.

La respiración edáfica con la densidad aparente existe una correlación de 0.33% con dirección directamente proporcional, mientras mayor sea la respiración edáfica la densidad aparente también aumentará. La respiración edáfica con las variables materia orgánica y carbono orgánico existe una correlación de -0.33% con una dirección inversamente proporcional.

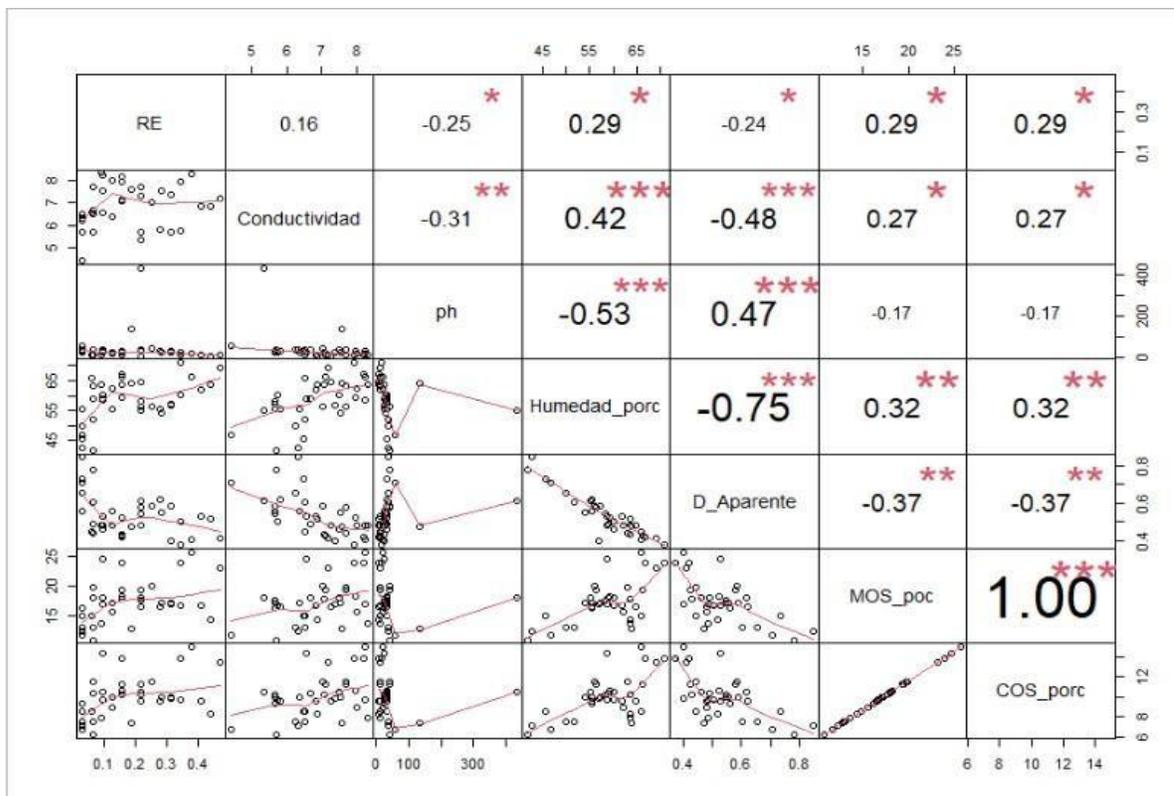


Gráfico 12-3: Coeficientes de Correlación de Kendall de las propiedades físico químicas del suelo no intervenido de Chambo

Realizado por: GIDAC, 2021.

De acuerdo con los resultados de las correlaciones que se observan en el Gráfico 12-3 , se define que las relaciones lineales entre la Respiración Edáfica y todas las propiedades físico-químicas en suelo no intervenido es prácticamente inexistente, puesto que todos sus coeficientes resultan ser valores cercanos a 0. En cuanto a las relaciones lineales relevantes, se observa que la materia y el carbono orgánico definen un coeficiente de correlación perfecto y directamente proporcional. Otra relación importante se observa entre el porcentaje de humedad y la densidad aparente con una correlación de -0.75, que indica una relación lineal algo marcada y que define una relación inversa entre las mencionadas variables.

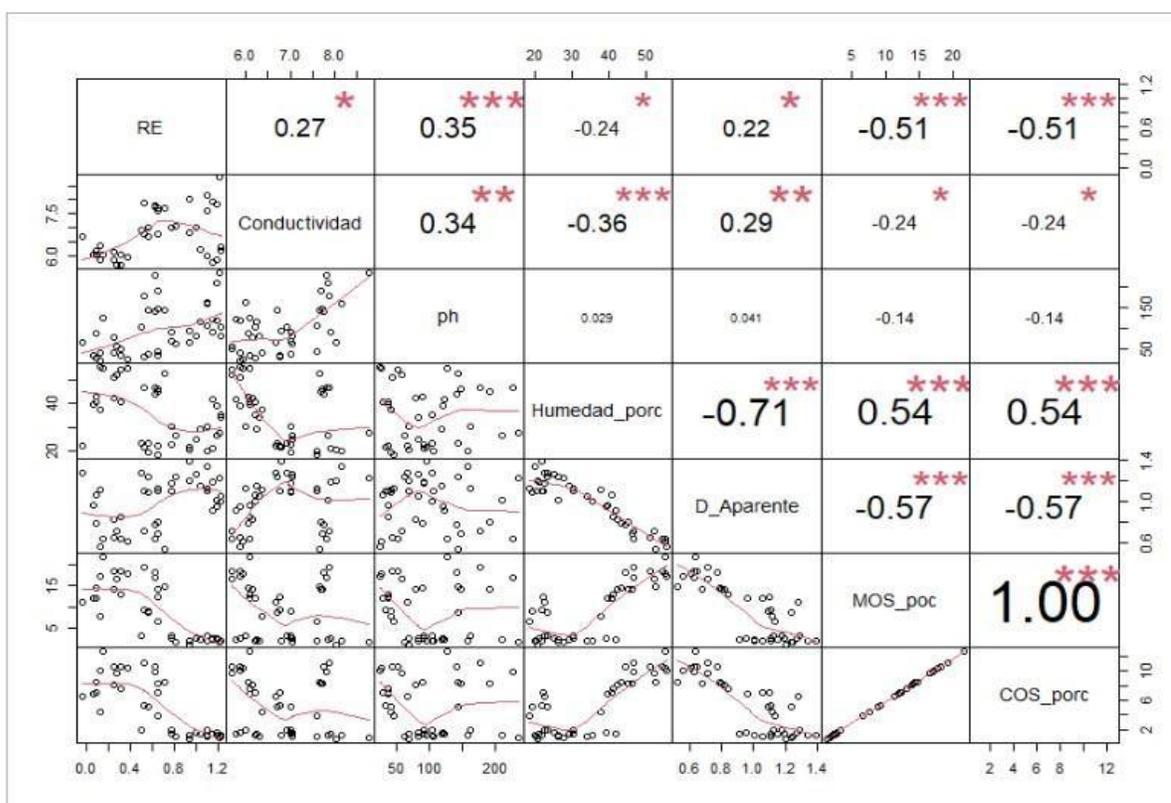


Gráfico 13-3: Coeficientes de Correlación de Kendall de las propiedades físico químicas del suelo intervenido de Chambo

Realizado por: GIDAC, 2021.

Según los resultados presentes en el Gráfico 13-3 se define, el coeficiente de correlación lineal presente entre la Respiración Edáfica y la Materia y el Carbono Orgánico del Suelo muestra una leve tendencia lineal entre los pares de variables, y que resulta ser inversamente proporcional. La Respiración edáfica presenta relaciones espurias entre el resto de propiedades físico-químicas. Otras relaciones lineales relevantes se pueden observar entre la materia y el carbono orgánico definen un

coeficiente de correlación perfecto y directamente proporcional, entre porcentaje de humedad y densidad aparente con una correlación de -0.71, definiendo una relación algo marcada e inversamente proporcional, y entre las variables densidad aparente y la materia y el carbono orgánico, con una relación lineal apenas notoria y de crecimiento inverso entre ambas.

CONCLUSIONES

Se determinó la respiración edáfica en la zona alta del cantón Chambo en zonas intervenidas y no intervenidas, los valores promedios en suelos no intervenidos (páramos) es de 0,18 ug CO₂-C/g por hora y en suelos intervenidos 0,65 ug CO₂-C/g por hora; así, concluyendo los suelos no intervenidos (páramo) la respiración edáfica es menor, lo que indica que en los suelos de zonas intervenidas existe presencia significativa de microorganismos que puede deberse a las actividades antropogénicas ya que existe mayor cantidad de co₂; mientras, que en suelos intervenidos la respiración es mayor debido al mal manejo del suelo la cual altera a los microorganismos presentes en el suelo.

Al comparar el contenido de CO₂ (respiración edáfica) en zonas intervenidas y no intervenidas, por lo cual se indica que en las zonas intervenidas cuentan con mayores contenidos de CO₂, esto se debe a que la actividad antropogénica es muy activa en esta zona y por ende afecta al cambio climático, mientras que en las zonas no intervenidas se define menor contenido de CO₂.

Se estableció la correlación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas con las diferentes muestras de suelo de las zonas intervenidas y no intervenidas ya que existe una relación perfecta entre la relación lineal del porcentaje de carbono orgánico del suelo con el de la materia orgánica del suelo. Además, se puede definir que existe una fuerte relación lineal con dirección inversamente proporcional entre las variables de porcentaje de humedad con la densidad aparente.

Se acepta la hipótesis alterna mediante la prueba de Kruskal Wallis la cual presentó un valor p cercano a 0, por lo que se concluye que existen diferencias significativas entre las zonas intervenidas del Cantón Chambo por la acción del hombre y en las zonas que no han sido intervenidas no existe diferencias significativas.

RECOMENDACIONES

Dar a conocer e incentivar a la población y autoridades sobre los principales efectos que causa el cambio de uso de suelo, para que puedan conservar y cuidar los páramos por lo que la actividad antropogénica si afecta, ya que este ecosistema es sumidero de carbono y por ende reduce las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera evitando el cambio climático.

Al realizar la parte experimental comprobar que los frascos de las muestras estén herméticamente cerrados para que no exista alteración en los resultados.

Utilizar reactivos de grado analítico para obtener valores reales al realizar la experimentación.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA SOLÍS, M. *Los páramos andinos del Ecuador, Quito*. Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible [En línea], 1984, (Ecuador), pp. 80. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1241>

ALVARADO, G. “Soil Water Amount to Decide the Planting Time in Dry Land Agriculture”. *Terra Latinoamericana* E-ISSN [en línea], 2010, (México) 17, pp. 1-57. Disponible en: [www.redalyc.org › service › download Pdf](http://www.redalyc.org/service/downloadPdf).

BENAVIDES, O. *Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático*. [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789588067322, 2007. [Consulta: 2020-10-15], pp. 1 - 102. Disponible en: www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf.

BUSTAMANTE, M; et al. *Los páramos de Chimborazo un estudio socioambiental para la toma de decisiones* [en línea]. Quito-Ecuador: EcoCiencia / CONDESAN / Programa BioAndes / Proyecto Páramo Andino, 2011. [Consulta: 2020-10-28], pp. 11-152. Disponible en: www.flacsoandes.edu.ec.

BLOEM, J., & HOPKINS, D. *Oil quality microbiological methods for assessing soil* [en línea]. Washington-USA: Scholarly Publishing & Academic Resources Coalition, 2007. [Consulta: 2020-11-04], pp. 17 - 20. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=DcjYHLBop5UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=MICROBIOLOGICAL+METHODS+FOR+ASSESSING+SOIL+QUALITY&ots=bwOIAttFD&sig=Ia9STqeWIHkbJi2Sq2NilNqUgng#v=onepage&q=MICROBIOLOGICAL METHODS FOR ASSESSING SOIL QUALITY&f=false>.

BRADY, N.C. & R.R. WEIL. *The nature and properties of soil*. Prentice-Hall, New Jersey. (2010). 12^{va} edición, pp. 406.

CABALLERO, M. & SOCORRO, B. “Comment on «Elevated tungsten and cobalt in airborne particulates in Fallon, Nevada: Possible implications for the childhood leukemia cluster». *Applied Geochemistry* [en línea], 2006, (United States) 21(6), pp. 1083-1085. [Consulta: 2021-17-01]. ISSN

08832927. DOI 10.1016/j.apgeochem.2006.04.002. Disponible en:
<https://biblat.unam.mx/hevila/Revistadigitaluniversitaria/2007/vol8/no10/5.pdf>.

CAMACHO, M. “Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible”. *Revista Anales* [en línea], 2014, (Colombia) vol. 1, pp. 77-92. [Consulta: 2021-08-02]. Número ISSN. Disponible en:
<http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1241>.

CÁRDENAS, M. Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna monjas bajo, parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ingeniería, Ecuador. 2015. pp. 70 - 132. [Consulta: 2021-20-02]. Disponible en:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9368>.

CAVALLUCCI, O. El reto más profundo del cambio climático: crisis global y revolución del pensamiento. *Boletín Informativo Spondylus*, vol. 15, n° 4 (2013), (Ecuador) pp. 1-60.

CONTI, M. *Principios Edafología*. 2da Ed. Buenos Aires-Argentina: Debate, 2000, pp. 10-77.

DI CIOCCO, Cesar Augusto; SANDLER, Rosa Veronica; FALCO, Liliana Beatriz; COVIELLA, Carlos Eduardo. Actividad microbológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico- químicas. *Rev. FCA UNCUYO*. 2014. 46(1): 73-85. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665 [en línea] *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Tomo 46, N° 1, 2014. [Consulta: 2021-24-02], pp. 35. Disponible en: https://videla-rivero.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/6420/cp06-diciocco.pdf

DIRSECIU, P. Tasa anual de respiración edáfica en cuatro usos de suelo en el campus de la universidad de sucre – sede puerta roja (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea] Universidad De Sucre, Facultad De Educación y Ciencias Programa De Biología y Química. Sincelejo-Colombia. 2007. pp. 1-14. [Consulta: 2020-12-01] Disponible en:
<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/625/1/T631.4 S 161.pdf>.

EBRAHIMI, M; et al. “Estimating the soil respiration under different land uses using artificial neural network and linear regression models”. *Catena* [en línea], 2019, (Colombia) vol. 174, no. pp.

371-382. [Consulta: 2020-11-29]. ISSN 0341-8162. DOI 10.1016/j.catena.2018.11.035. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816218301611>.pdf.

ECHEVERRIA, M.; & RECALDE, C.G. Determinación de carbono orgánico en el páramo de Pichan Central, Ecuador. (Trabajo de titulación). (Maestría). [En línea] San Francisco, ciencias, Ecuador. 2014. pp.16-40. [Consulta: 2020-09-17]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/270453601_Determinacion_de_carbono_organico_en_el_paramo_de_Pichan_Central_Ecuador.

FAO. Guía para la descripción de suelos. [En línea], 2009, pp. S.l.: s.n. [Consulta: 2020-11-04]., pp. 12-11. Disponible. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.

FERNÁNDEZ, C. *Suelos y materiales orgánicos*. Quito-Ecuador: Debate, 2004, pp. 209-210.

GALLART MARTINEZ, F. "La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia". *Investigación y ciencia*, nº 289 (2008), (United State of America) pp. 2017-2018.

HANEY, R.L; et al. "Soil CO₂ respiration: Comparison of chemical titration, CO₂ IRGA analysis and the Solvita gel system". *Renewable Agriculture and Food Systems*, [en línea], 2008, (United State of America) 23(2), pp. 171-176. [Consulta: 20 enero 2020]. ISSN 17421705. DOI 10.1017/S174217050800224X. Disponible en: <http://sefarad.revistas.csic.es/index.php/sefarad/article/view/413>

IBÁÑEZ, S. & MORENO, H. "Tutoriales de apoyo a la docencia: Génesis" Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia 2008, pp. 206.

JARAMILLO, D. *Introducción a la ciencia del suelo*. sexta. Colombia: Debate, 2002, pp. 16-18.

LIMA, M. *Cambio Climático y Medio Ambiente*. Guayaquil-Ecuador: Debate, 2013, pp. 20-39.

LLAMBÍ, L., SOTO, A., BORJA, P., OCHOA, B., CELLERI, R., & BIEVRE, B. (2012). Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos. In *Los suelos del Páramo*, pp.1-4.

LLAMBÍ, L., SOTO, A., BORJA, P., OCHOA, B., CELLERI, R., & BIEVRE, B. (2012). Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos. In *Los suelos del Páramo*, pp.210-212.

MAGDALENA, E. "Respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el departamento de Magdalena, Colombia". *Bioagro* [en línea], 2013, (Colombia) 25(3), pp.175-180. [Consulta: 20 enero 2020]. ISSN 1090-7807. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v25n3/art04.pdf>.

MARTÍNEZ, E.; et al. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* [en línea], 2008, (Chile) 8(1), pp. 68-96. ISSN 0717635X. DOI 10.4067/S0718-27912008000100006. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009.

MARIN, J.M. "Modelo de diseños factoriales y diseños 2k". *Universidad Carlos III de Madrid* n° 289 (2014), (Ecuador) pp. 45.

MELÉNDREZ, S. Estudio de los rasgos culturales representativos de Guano y su presencia en las artesanías actuales. Propuestas alternativas [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) ESPOCH, Ciencias, Ecuador, 2014. pp. 1-192. [Consulta: 2020-01-23]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3162>.

MELGARES DE AGUILAR, J; et al. "La actividad microbiana como indicador de calidad del suelo en cultivos de ciruelo ecológico". *Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, n° 29 (2002), (España) pp. 4-9.

MONTAÑO ARIAS, Noé Manuel; SANDOVAL PÉREZ, Ana Lidia; CAMARGO RICALDE, Sara Lucía; SÁNCHEZ YÁÑEZ, Juan Manuel. Los microorganismos: pequeños gigantes Elementos: Ciencia y cultura, Vol. 17, Núm. 77, febrero-abril, 2010, pp. 15-23 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla México (Sistema de Información Científica) [Consulta 2020-12-19]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29411989003.pdf>

MORA, J. La actividad microbiana: un indicador integral de la calidad del suelo, (2006). pp. 1-6. http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/9cc8db94Revista5_6_9.

MORALES MORALES, Segundo Gregorio. Relación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas de los suelos de la Microcuenca del Río Guano, provincia de Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación) (Tercer Nivel) Universidad de ESPOCH, Ciencias Química. Riobamba - Ecuador. 2020. pp. 11-15 [Consulta: 2021-01-13]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14255/1/156T0012.pdf>

MORENO, A.R. Microbial and root respiration in soils of tropical. Madrid-España: Debate, 2008, vol. 61, no. 1, pp. 4381-4393.

NAZAR CIPRIANO, J. *Efecto del Encalado en el Crecimiento de la Variana Pilosa R&P en Huanico, Cajamarca.* (2015). pp. 85.

NARANJO GAIBOR, Luis Felipe; & ASTUDILLO SAMANIEGO, Leonardo Caracterización hidrogeológica de la Subcuenca del río Chambo [en línea] (Trabajo de titulación) (Grado) Universidad de UCE, Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Quito - Ecuador. 2013. [Consulta: 2021-02-26]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1369.pdf>

ORDOÑEZ, S. Comparación de dos métodos para determinar el carbono de la biomasa microbiana en suelos provenientes del Sur del Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) La Universidad Católica de Loja, Ciencias, Ecuador. 2003, pp. 105. [Consulta: 2020-01-23]. Disponible en: <http://dspace.ucdl.edu.ec/bitstream/123456789/220/1/236T0001.pdf>

PAOLA, M. Régimen de humedad del suelo de páramo y su relación con las prácticas socioculturales de manejo ante la variabilidad climática [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad técnica de Cotopaxi, Ciencias, Ecuador. 2017. pp. 100. [Consulta: 2020-01-20]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4291/1/UTC-PC-000184.pdf>.

PAUCAR LALAMA, Paola Catalina & VELASTEGUI MAZÓN, Juan Diego. Cuantificación de la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en suelos de la Microcuenca del Río Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación) (Maestría) Universidad de ESPOCH, Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2019. pp. 20-23. [Consulta: 2021-01-30]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11137/1/236T0439.pdf>.

PAZMIÑO RODRIGUEZ, Geraldine Micaela. Influencia de la intervención en los suelos del páramo de Navag- Chimborazo en el contenido de materia orgánica [en línea] (Trabajo de titulación) (Tercer Nivel) Universidad de ESPOCH, Ciencias Química. Riobamba - Ecuador. 2020. pp. 14 [Consulta: 2021-01-13]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14067/1/236T0480.pdf>

PEÑA QUEMBA, D .; & RUBIANO SANABRIA. “Effects of land use on soil CO₂ flux in the Paramo de Guerrero”. *Global Change Biol.* [En línea], 2006, (Colombia) vol. 34, no. 3, pp. 364-373. DOI 10.15446/agron.colomb.v34n3.58791. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/58791/60788>.

PEÑUELA, L; & FERNANDEZ, A. *Uso y manejo de forrajes nativos en la sabana inundable de la orinoquia.* 1ª ed. Bogotá,-Colombia: 2011, pp. 15-20.

PÉREZ, A; et al. “Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata (AgTU + n)”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2017, (México) vol. 8, no. 2007-0934, pp. 171-177. [Consulta: 12 enero 2020]. ISSN 1090-7807. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1006/jmre.1997.1203>

PORTA, J; et al. *Introducción-a-la-Edafología-Porta.* Madrid-España: Debate, 2008, pp.116-118.

RAMÍREZ, R. Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos. Ambato-Ecuador: Debate, 2017, pp. 5-23.

RAMOS, E.; ZUÑIGA, D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada.* 7(1-2): 123-130

REN, C; et al. "Forest Ecology and Management Differential soil microbial community responses to the linkage of soil organic carbon fractions with respiration across land-use changes". *Forest Ecology and Management*, nº 4 (2018), (España), pp. 170-178.

RODRÍGUEZ, H.G. "Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de la tierra". *Forest Ecology and Management*, nº 7 (2017), (Colombia), pp. 70-78.

RODRÍGUEZ, R; et al. "Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela durante un periodo de tres años". *Revista Científica UDO Agrícola* [en línea], 2012, (Venezuela) vol. 12, n°. 4, pp. 881-889. [Consulta: 20 enero 2020]. ISSN 1317-9152. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6104323>.

SÁNCHEZ, Y.G; & DÍAZ, Y.F. *El cambio climático y sus efectos en la salud Climate*. Quito-Ecuador: Debate, 2013, pp. 16-18.

VILLALOBOS, F.J., MATEOS, L., ORGAZ, F. y FERERES, E. (2002). *Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 496.

WANG, Y; et al. "Changes of soil respiration in a subalpine meadow in the Heihe River Basin , Northwest China". *Catena*, [en línea], 2019, (China) 127(2), pp. 99-105. [Consulta: 2 enero 2020]. ISSN 1090-7807. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816219300918>

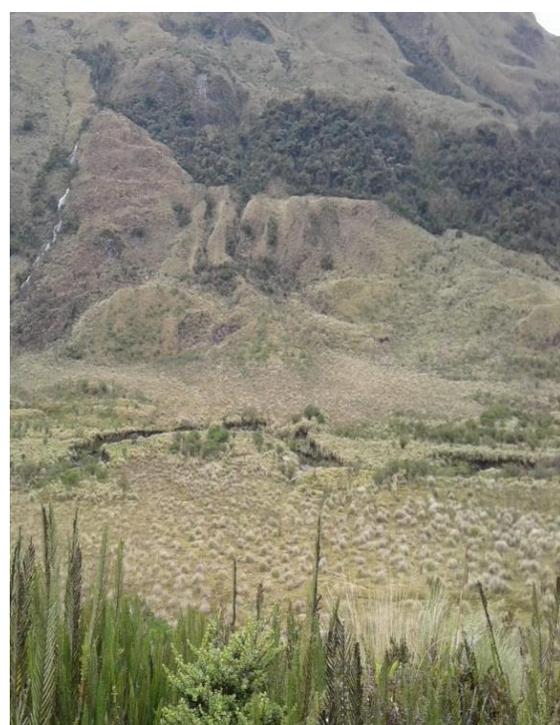
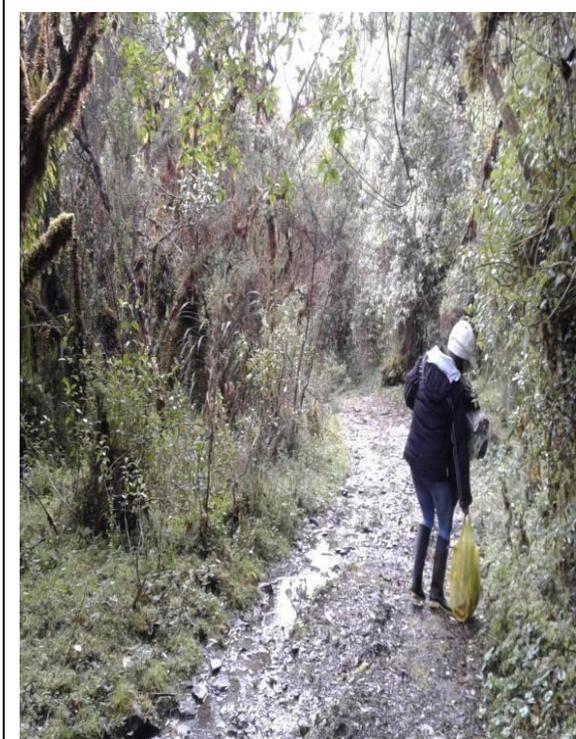
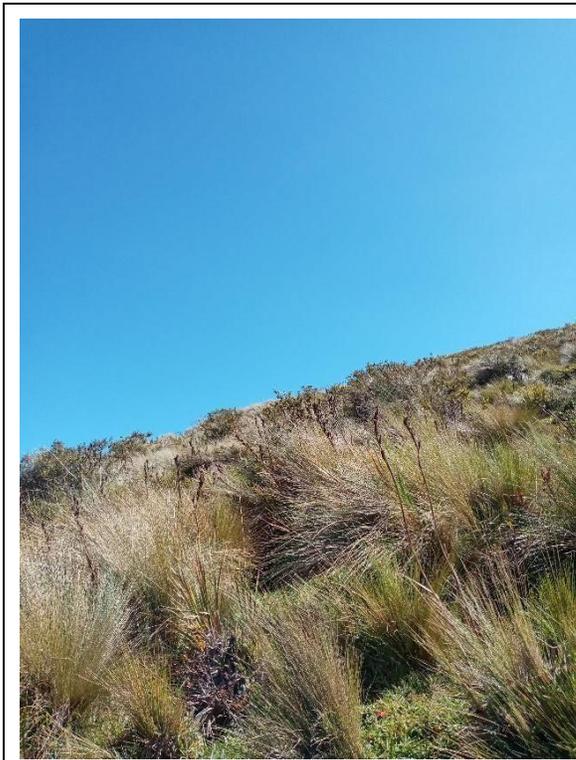
ZHOU, J.X; et al. "Procedia Environmental Characteristics of Soil Respiration and its Environmental Factors of Poplar Plantation on Beach Land of the Yangtze River". *Catena*, [en línea], 2012, pp. 18-29. [Consulta: 13 enero 2020]. ISSN 1878-0296. DOI 10.1016/j.proenv.2012.01.002. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029612000035>

ANEXOS

ANEXO A: MUESTREO EN SUELOS NO INTERVENIDOS (PÁRAMO)



Fuente: Jumbo & Monar, 2021.

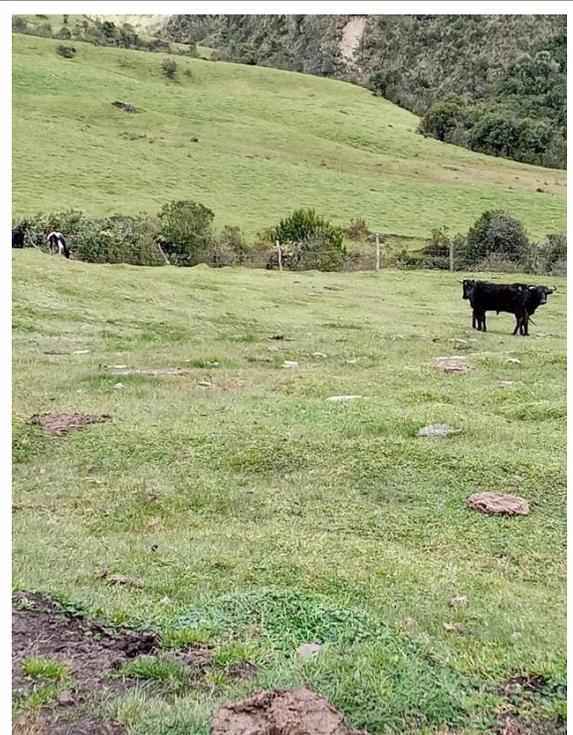


Fuente: Jumbo & Monar, 2021.

ANEXO B: MUESTREO EN SUELOS INTERVENIDOS

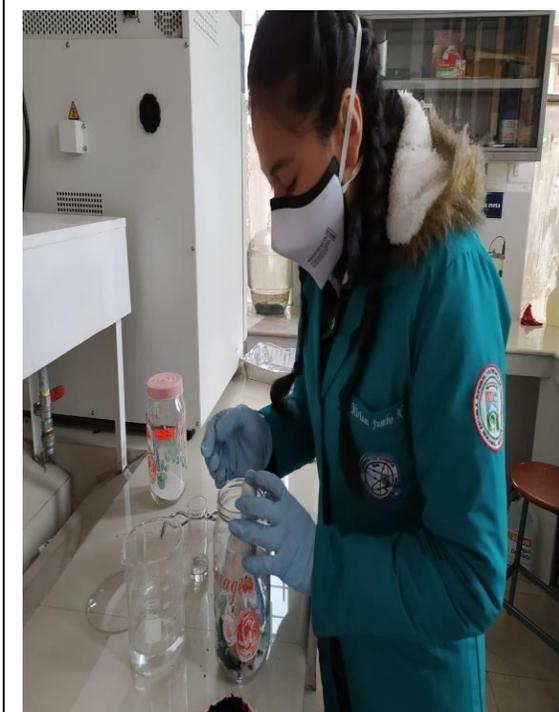
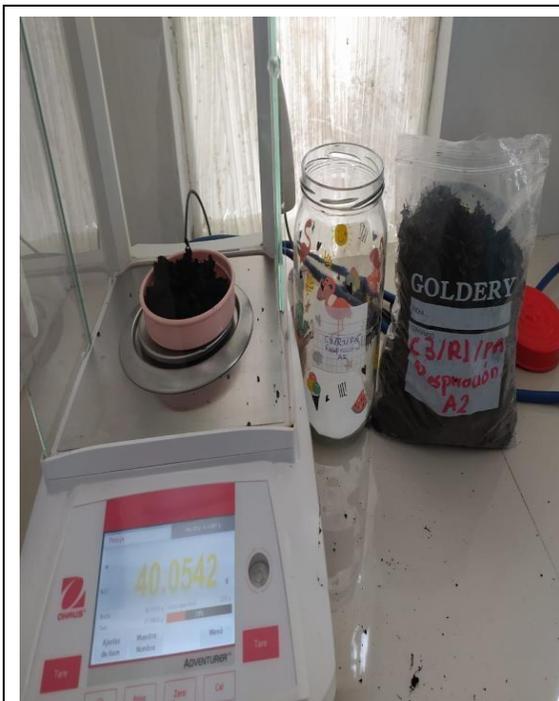


Fuente: Jumbo & Monar, 2021.



Fuente: Jumbo & Monar, 2021.

ANEXO C: PROCEDIMIENTO DE INCUBACIÓN PARA CUANTIFICAR CO₂.



Fuente: Jumbo & Monar, 2021.



Fuente: Jumbo & Monar, 2021.

ANEXO D: TITULACIÓN/VALORACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA



Fuente: Jumbo & Monar, 2021.

ANEXO E: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO



Fuente: Jumbo & Monar, 2021.



Fuente: Jumbo & Monar, 2021.

ANEXO F: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO



Fuente: Jumbo & Monar, 2021.

ANEXO G: MATERIALES UTILIZADOS EN LA FASE DE CAMPO



GPS



HOLLADORA



BARRENO EDELMAN COMBINADO



CILINDROS PARA DENSIDAD

Fuente: Jumbo & Monar, 2021.



FUNDAS ZIPLOX



MARCADORES



PAPEL FILM



MACHETE



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: 11 / 08 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Miriam Elizabeth Jumbo Narváez Elizabeth Johanna Monar Trujillo</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Química</i>
Título a optar: <i>Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.08.11 07:45:07 -05'00'



1528-DBRA-UTP-2021