



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA QUÍMICA

**“RELACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA CON
LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS
SUELOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO
GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

QUÍMICO

AUTOR: MORALES MORALES SEGUNDO GREGORIO

TUTORA: Ing. NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL PhD

Riobamba – Ecuador

2020

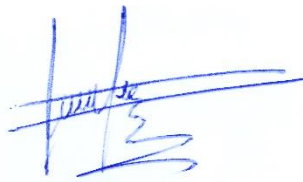
©2020, Segundo Gregorio Morales Morales.

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

Yo, Segundo Gregorio Morales Morales, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 14, Febrero 2020.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several vertical and horizontal strokes, with some illegible characters in the middle.

Segundo Gregorio Morales Morales

CI: 06051176148

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Investigación, **RELACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA CON LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LA MICROCUCENCA DEL RÍO GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**, realizado por el señor: **Segundo Gregorio Morales Morales**, 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. Marlene Jacqueline García Veloz PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		<u>2020-02-14</u>
Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval PhD DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		<u>2020-02-14</u>
Dra. Magdy Mileny Echeverría Guadalupe MIEMBRO DE TRIBUNAL		<u>2020-02-14</u>

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por cuidarme y protegerme, A mi Madre María Morales que siempre estuvo a mi lado brindando su mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento y dando fuerzas para seguir adelante. A mi padre Gregorio Morales por enseñarme a no rendir en los momentos difíciles y por todos sus consejos. Me formaron con reglas y ciertas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron con constancia para alcanzar mis anhelos y ser mejor cada día. A mis queridos hermanos y hermanas Marco, Ángel, Ana, Inés y Nancy Morales por apoyarme moral y económicamente, quienes estuvo en los momentos felices y triste de mi vida, con mucho cariño y amor les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo terminara mi carrera, A Elena, Aida, Ángel, Ambrosio y Julio mis cuñados y cuñadas por formar parte de mi linda familia, A todos mis sobrinos por que llenan de alegría cada día de mi vida.

Gregorio

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a todas aquellas personas que hicieron posible la culminación de mi carrera y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes.

Quiero expresar un sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios por brindarme salud, fortaleza y capacidad.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.

Gracias a mi madre María Morales por acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, en las que su compañía me daba fuerzas y anhelo de seguir cumpliendo mi meta.

Gracias a mi padre Gregorio Morales por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Agradezco también a mis hermanos y hermanas, no tengo palabras para expresar mi amor y mi gratitud hacia ellos, por su fe, su generosidad y su incansable ayuda en todo momento, gracias a ella he llegado a culminar un pedaleo más de mi vida.

De igual manera mis agradecimientos a toda mi familia Morales quienes confiaron en mí y que siempre me apoyaron de cualquier manera.

Un agradecimiento a mis queridos docentes de mi carrera, por haber compartido sus mejores conocimientos, especialmente Dr. Norma Erazo, Dr. Magdy Echeverría y a todos los ingenieros que forman el grupo de investigación GIDAC.

Gregorio

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURA.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY/ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases teóricas.....	5
<i>1.2.1. Cambio Climático</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2. Suelo</i>	<i>6</i>
<i>1.2.3. Actividad microbiana</i>	<i>7</i>
<i>1.2.4. Respiración del suelo</i>	<i>7</i>
<i>1.2.5. Principales propiedades químicas que influye en la respiración del suelo.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.6. Principal propiedad física que influye en la respiración del suelo</i>	<i>12</i>
<i>1.2.7. Microcuenca de río Guano</i>	<i>13</i>
<i>1.2.8. Paramó</i>	<i>14</i>
1.3 Bases conceptuales.....	15
<i>1.3.1 Respiración edáfica</i>	<i>15</i>
<i>1.3.2 Microorganismos.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.3 Cambio climático.....</i>	<i>16</i>
<i>1.3.4 Efecto invernadero</i>	<i>16</i>
<i>1.3.5 Calentamiento global</i>	<i>16</i>
<i>1.3.6 Suelo</i>	<i>16</i>
<i>1.3.7 Paramó</i>	<i>16</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLOGÍA.....	17
2.1. Lugar de estudio.....	17
<i>2.1.1. Ubicación.....</i>	<i>17</i>

2.1.2.	<i>Límites</i>	17
2.1.3.	<i>Altitud</i>	18
2.1.4.	<i>Condiciones Climáticas</i>	18
2.2	Tipo de Investigación	18
2.3	Diseño de la Investigación	18
2.4.	<i>Hipótesis</i>	19
2.4.1.	<i>Hipótesis nula:</i>	19
2.4.2.	<i>Hipótesis alterna</i>	19
2.5.	Variables	19
2.5.1.	<i>Variable dependiente</i>	19
2.5.2.	<i>Variable independiente</i>	19
2.6.	Técnicas de recolección de datos	19
2.6.	Unidad de análisis	19
2.7.	Población de estudio	20
2.8.	Tamaño de la muestra	20
2.8.	Selección de la muestra	20
2.11.	Diseño experimental	23
2.10.1.	<i>Fase de campo</i>	25
2.10.2.	<i>Fase laboratorio</i>	26

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	33
3.1.	Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos de la MRGPCH.	33
3.2.	Análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos de la MRGPCH.	36
3.2.1.	<i>Análisis de la Materia orgánica (M.O)</i>	36
3.2.2.	<i>Análisis de carbono orgánico (C.O)</i>	36
3.2.3.	<i>Análisis de humedad</i>	37
3.2.4.	<i>Análisis de la densidad aparente</i>	38
3.2.5.	<i>Análisis de pH</i>	39
3.2.6.	<i>Análisis de la conductividad eléctrica</i>	39
3.3.	Cuantificación de la Respiración edáfica de los suelos de la MRGPCH.	40
3.3.1.	<i>Análisis de intervención y la altitud en relación a la respiración edáfica</i>	41
3.3.2.	<i>Análisis de los usos de suelo en relación a la respiración edáfica.</i>	43
3.4.	Relación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas de los suelos no intervenidos de la MRGPCH.	44

3.5. Relación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas de los suelos intervenidos de la MRGPCH.	47
CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES.....	50
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. 2013-2017.	6
Tabla 2-1:	Clasificación de los suelos según su pH.....	10
Tabla 3-1:	Caracterización del suelo de acuerdo a su contenido de materia orgánica.....	11
Tabla 4-1:	Clasificación de los suelos según su CE	12
Tabla 5-1:	Impacto del cambio climático en el páramo.....	15
Tabla 1-2:	Coordenadas de 24 conglomerados.....	21
Tabla 2-2:	Diseño de bloques trifactorial para tratamiento de suelos.....	23
Tabla 3-2:	ANOVA modelo Factorial con 2 factores y repetición.....	24
Tabla 4-2:	ANOVA modelo Factorial con un solo factor y replica.....	24
Tabla 1-3:	Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos no intervenido de la MRGPCH	33
Tabla 2-3:	Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos intervenido de la MRGPCH	34
Tabla 3-3:	Anova de los factores Intervención y Altitud con relación a respiración edáfica	41
Tabla 4-3:	ANOVA de los Usos de Suelo de la Zona Intervenida	43
Tabla 5-3:	Correlación de las propiedades del suelo y la respiración edáfica de suelos no intervenidos	45
Tabla 6-3:	Análisis de regresión múltiple para suelos no intervenidos.	46
Tabla 7-3:	Correlación de las propiedades del suelo y la respiración edáfica de suelos intervenidos.	47
Tabla 8-3:	Análisis de Regresión Múltiple para suelos intervenidos	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Mapa de la microcuenca de río Guano.....	17
Figura 2-2:	Puntos de monitoreo en los suelos de la microcuenca de río Guano	23
Figura 3-2:	Diseño del muestreo en el campo	25

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Mapa de la microcuenca de río Guano.....	17
Gráfico 2-2:	Puntos de monitoreo en los suelos de la microcuenca de río Guano.....	23
Gráfico 3-2:	Diseño del muestreo en el campo.....	25
Gráfico 1-3:	Distribución de M.O (%) de los suelos intervenidos vs no intervenidos	36
Gráfico 2-3:	Distribución de C.O (%) suelos intervenidos vs no intervenidos.....	36
Gráfico 3-3:	Distribución de la Humedad (%) de los suelos intervenidos vs no intervenidos .	37
Gráfico 4-3:	Distribución de la densidad aparente suelos intervenidos vs no intervenidos.....	38
Gráfico 5-3:	Distribución de pH suelos intervenidos vs no intervenidos	39
Gráfico 6-3:	Distribución de conductividad eléctrica suelos intervenidos vs no intervenidos	39
Gráfico 7-3:	Distribución de la RE Suelos intervenidos vs no intervenidos.....	40
Gráfico 8-3:	Efecto de la intervención del suelo vs respiración edáfica.....	42
Gráfico 9-3:	Efecto de la altitud vs respiración edáfica.....	42
Gráfico 10-3:	Efecto de usos de suelo vs respiración edáfica.	44

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO NO INTERVENIDO (PÁRAMO) DE LA MICROCUENCA DE RÍO GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.
- ANEXO B:** RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS INTERVENIDO DE LA MICROCUENCA DE RÍO GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.
- ANEXO C:** RESULTADOS DE RESPIRACIÓN EDÁFICA EN SUELOS NO INTERVENIDOS (PÁRAMO) DE LA MICROCUENCA DE RÍO GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
- ANEXO D:** RESULTADOS DE RESPIRACIÓN EDÁFICA EN SUELOS INTERVENIDOS DE LA MICROCUENCA DE RÍO GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.
- ANEXO E:** SOCIALIZACIÓN A LA POBLACIÓN EN DIFERENTES PUNTOS A MUESTREAR.
- ANEXO F:** MUESTREO EN LOS SUELOS INTERVENIDOS.
- ANEXO G:** MUESTREO EN SUELOS DE PÁRAMO.
- ANEXO H:** DETERMINACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA.
- ANEXO I:** ROCEDIMIENTO DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA.
- ANEXO J:** ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO.
- ANEXO K:** ETIQUETAS DE LOS REACTIVOS UTILIZADOS CON SUS RESPECTIVOS DATOS.
- ANEXO L:** MATERIALES UTILIZADOS PARA EL MUESTREO.
- ANEXO M:** MATERIALES UTILIZADOS EN EL MUESTREO.
- ANEXO N:** MATERIALES Y EQUIPOS USADOS EN EL LABORATORIO.

RESUMEN

Se realizó la relación de la respiración edáfica (RE) con las propiedades físico-químicas en los suelos de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo (MRGPCH), en 72 muestras compuestas de suelo a una profundidad de 0-30 cm, de las cuales 36 muestras comprenden en suelos no intervenidos (Páramo) y 36 en intervenidos (7 en Pastizales, 3 en cultivo y 2 en plantación) siguiendo la metodología establecido por GIDAC. Se analizó por triplicado la RE por el método de titulación y propiedades físico-químicas (% de materia orgánica, carbono orgánico, conductividad eléctrica, pH, % de humedad y densidad aparente) para cada uso de suelo. Los resultados promedios para la RE en suelos no intervenidos es 0,57 ug CO₂-C/g por hora a diferencia en suelos intervenidos 0,80 ug CO₂-C/g por hora. Para la materia orgánica, carbono orgánico, humedad y conductividad eléctrica se obtuvo valores mayores en suelos no intervenidos, la densidad aparente en suelos no intervenidos es menor a 1 g/cm³ a diferencia de suelos intervenidos cuyo valor mayor a 1 g/cm³ y el pH en suelo no intervenidos fluctúa de 4-5, mientras que en suelos intervenidos es 6. En suelos no intervenidos guarda una correlaciones significativamente con todos los parámetros estudiados, mientras que en suelos intervenidos no hay una correlación significativa. Se puede concluir que la correlación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas fueron distintos en los suelos estudiados, la cual puede deberse a las condiciones edafoclimáticas de cada lugar. Se recomienda realizar estudios complementarios de respiración edáfica utilizando otros métodos.

Palabra clave: <MICROCUCENCA>, <RESPIRACIÓN EDÁFICA>, <CAMBIO CLIMÁTICO>, <CALENTAMIENTO GLOBAL>, <SUELOS>, <PÁRAMO>

REVISADO

02 MAR 2020

Ing. Jhonatan Parraño Uquillas, M.S.
ANALISTA DE BIBLIOTECA



ABSTRACT

The relationship of edaphic respiration (ER) with the physical-chemical properties in the soils of the microbasin of the Guano river, Chimborazo province (MRGPCH), was performed in 72 samples composed of soil at a depth of 0-30 cm, of which 36 samples are in non-intervened soils (Moorland) and 36 in operated (7 in Grassland, 3 in cultivation and 2 in plantation) following the methodology established by GIDAC. The RE was analyzed in triplicate by the titration method and physical-chemical properties (% of organic matter, organic carbon, electrical conductivity, pH, % humidity and bulk density) for each land use. The average results for RE in non-intervened soils is 0.57 ug CO₂-C/g per hour unlike in operated soils 0.80 ug CO₂-C/g per hour. For organic matter, organic carbon, humidity and electrical conductivity, higher values were obtained in non-intervened soils, the apparent density in non-intervened soils is less than 1 g/cm³ unlike intervened soils whose value greater than 1 g/cm³ and the pH in non-intervened soil fluctuates from 4-5, while in intervened soils it is 6. In non-intervened soils, it correlates significantly with all the parameters studied, while in intervened soils there is no significant correlation. It can be concluded that the correlation of edaphic respiration with the physicochemical properties was different in the studied soils, which may be due to the edafo-climatic conditions of each place. Complementary studies of edaphic respiration using other methods are recommended.

Keyword: <MICROBASIN>, <EDAPHIC RESPIRATION>, <CLIMATE CHANGE>, <GLOBAL WARMING>, <SOILS>, <MOORLAND >



INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la provincia de Chimborazo existe muchas zonas que se encuentra bajo una amenaza de sus recursos naturales principalmente por las actividades antropogénicas debido al mal manejo de estos recursos, ya que estas actividades revierten el flujo de carbono convirtiéndose en una fuente importante de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Estas emisiones básicamente se derivan de los cambios de usos de los suelos, en la cual pequeños cambios en la magnitud de la respiración del suelo a nivel global, podrían tener un enorme efecto sobre la concentración de CO₂ en la atmósfera, lo que puede agudizar el calentamiento global (Zhou, Cui and Yin, 2012).

Este cambio de los uso de suelo, que se ha registrado por actividades antropogénicas, la cual es debido al desconocimiento y falta de información sobre el valor real que tienen los recursos naturales, debido a este proceso la respiración del suelo representan la segunda fuente más importante de emisiones de carbono a la atmosfera terrestre y uno de los flujos más grandes dentro del ciclo global del carbono (Moreno, 2008). En una escala global, por esta actividad se emite 55 Petagramos de carbono por año (1 Pg = 10¹⁵ g), lo cual equivale a 9-10 veces más la cantidad que se emite por la quema de combustibles fósiles y 10 veces más alto que la combinación de la deforestación (Wang et al., 2019)(Magdalena, 2013).

La respiración del suelo es considerada un evento central de los cambios ecológicos globales debido a su principal papel controversial en el proceso de calentamiento global, ya que gracias a ellos se puede determinar si un ecosistema dado se comporta como sumidero o fuente de dióxido de carbono. Por esa razón personal profesionales y políticos tiempo ha dado mucha importancia al tema, ya que este proceso es la principal fuente de flujo de carbono procedente de suelo y a la vez unos de los componentes importantes dentro de ciclo de carbono (Magdalena, 2013).

Atendiendo a la importancia de la respiración edáfica como indicador de la actividad microbiana del suelo y en 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 microcuenca del río Guano, provincia de Chimborazo por cuanto el cambio de usos de los suelos de esta zona que se ha dado por diversas actividades antropogénicas.

Formulación del problema

¿La respiración edáfica está relacionado con propiedades físico-químicas tales como materia orgánica, carbono orgánico, conductividad eléctrica, pH, humedad y densidad aparente de los suelos de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo?

Justificación

La ejecución del presente estudio es debido al aumento de la emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera como consecuencia de las actividades antrópicas, por la razón he planteado realizar la cuantificación de la respiración edáfica mediante el método de titulación, en distintos usos del suelo y cómo está relacionado esta con las propiedades físico-químicas de los suelos de la microcuenca del río Guano, provincia de Chimborazo. Por medio de este estudio se pretende conocer el estado actual de los recursos naturales y contribuir a la reducción de emisión de dióxido de carbono a la atmosfera través del sistema ecosistémicos

Para el presente estudio se realizó actividades de muestreo en el campo con profesionales del grupo de investigación GIDAC altamente calificado y capacitado, principalmente en suelos no intervenidos (Páramo) y en suelos intervenidos (paramo, pastizales, plantaciones y cultivos) a una profundidad de 0-30 centímetros para su posterior análisis de los parámetros (% de materia orgánica, carbono orgánico, conductividad eléctrica, pH, % de humedad, densidad aparente y respiración edáfica), la cual se ejecutará en el laboratorio de suelo de la Facultad de Ciencia de la Escuela Superior politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

El presente estudio se enmarcará dentro del programa “Building a resilien future for the Andean Páramo Ecoasystem 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. Además, aporta con la información para las investigaciones posteriores sobre protección y manejo del ecosistema suelo en beneficio a la comunidad.

Objetivos

Objetivo General

Establecer la relación de la respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo.

Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físico-químicas (materia orgánica, carbono orgánico, conductividad eléctrica, pH, humedad y densidad aparente) de los suelos de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo.
- Cuantificar la respiración edáfica de los suelos de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo.
- Analizar la correlación entre las propiedades físico-químicas y la respiración edáfica de los suelos de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

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 optimo se ve favorecido la RE, la cual disminuye cuando están por encima o por debajo del rango optimo 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 resulto tener una relación lineal (Dirseciu, 2017).

(Peña y Rubiano, 2016) realizó un estudio sobre el efectos 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 las 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) 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 realizado 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 cuantifico 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 (Pauca & Velastegui, 2019).

En la actualidad por parte del grupo de investigación y desarrollo para el medio ambiente y cambio climático (GIDAC) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se evidencia un avance en cuanto a investigación realizados de población microbiana del suelo, análisis del ecosistema herbazal de páramo y diversidad vegetal. Información que es de mucha importancia para mi investigación en la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo. En lo que respecta al tema no existe información documentada por la cual el interés investigar en la zona mencionada.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Cambio Climático

El cambio climático es un fenómeno de impacto global que afecta desde lo económico hasta lo ambiental así como lo político y social (Cavallucci, 2013). Esto se debe por el alto uso de combustibles fósiles y la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera de carácter gradual obteniendo con efectos el aumento de temperatura, cambios en el ciclo de lluvia y calentamiento de océanos (Miranzo y del Río, 2015).

En la actualidad es un tema de interés científica y geopolítica a nivel mundial que ha preocupado a todos los políticos, militares y religiosos por la gravedad de sus principales efectos catastróficos que están destruyendo a nuestro planeta y a todos sus habitantes. Por ello muchos científicos han analizado con responsabilidad y profundidad sobre la forma de reducir las emisiones del 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, 2010, p. 14).

1.2.1.1. Efectos invernadero

Se refiere al mecanismo por medio de la cual la atmosfera del planeta se calienta (Caballero, Lozano y Ortega, 2006). Algunos gases de efecto invernadero emitidos hacia la atmosfera por las actividades antropogenicas son dióxido de carbono, oxido de nitroso, metano entre otros, las cuales son perjudiciales. Este fenómeno se debe principalmente por cambios de la concentración de los gases en la atmosfera. La radiación solar y en las propiedades del suelo afecta la absorción, dispersión y emisión de la radiación dentro de la atmosfera (Benavides, 2007).

Uno de los gases de efecto invernadero más comunes e importantes es el dióxido de carbono, la cual está asociado con la actividad humana. Este es el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua, la cual procede de fuentes naturales y antropogénicas, así mismo juega un rol muy importante dentro del ciclo de carbono (Benavides, 2007).

Tabla 1-1: Evolución de las emisiones totales de gases de efecto invernadero por tipo de gas y año. De Euskadi. Año base Kioto. 2013-2017.

Gases	Año base=Kioto	2013	2014	2015	2016	2017
Dióxido de carbono (CO ₂)	12.956.049	14.907.131	14.731.723	14.808.472	14.816.214	15.513.732
Metano (CH ₄)	1.685.463	1.419.053	1.407.643	1.354.036	1.309.805	1.267.283
Óxido nitroso (N ₂ O)	750.988	347.977	348.308	324.903	328.797	332.197
Gases Fluorados:	1.182.856	553.318	453.401	288.542	300.713	300.175
HFC's	1.173.672	502.437	406.762	244.097	244.760	244.713
PFC's	10	62	55	46	54	54
SF ₆	9.174	50.819	46.584	44.400	55.899	55.408
Emisiones totales de GEI's (*)	21.374.325	19.343.489	19.287.679	19.665.804	19.008.794	20.046.519

Fuente: Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda. Inventario de gases de efecto invernadero.

1.2.2. Suelo

Según (Conti, 2000) suelo es la capa de la corteza terrestre que proporciona servicios ambientales en la cual, permite crecimientos 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 cultivación o proceso agrícolas ocasiona la pérdida de carbono en el suelo y por ende aumenta la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera (Cárdenas, 2015).

1.2.3. Actividad microbiana

Es la actividad de todos los microorganismos presentes en el suelo que realizan proceso de descomposición de la materia orgánica y da como resultado la producción de dióxido de carbono. Esta actividad se desarrolla en función de varios factores entre ellos intrínsecos y extrínsecos al sistema suelo, por lo que es considerado como un indicador de la calidad del suelo, pues una buena actividad 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).

Para la liberación de los nutrientes contenidos en los materiales vegetales muertos es esencial la actividad microbiana, porque sin la liberación del mismo el suelo sería infértil, este ciclo se da gracias a los microorganismos presentes en el suelo, la cual se completa de manera que los nutrientes absorbidos por las plantas puedan volver nuevamente al suelo, además así que los mismos iones pueden ser utilizados una y otra vez (Fernández, 2004).

1.2.4. Respiración del suelo

La respiración del suelo se refiere a la producción total de dióxido de carbono, por unidad de área y de tiempo, la cual se da gracias a organismos edáficos, a la oxidación bioquímica de los compuestos de carbono y raíces presentes en el suelo (Magdalena, 2013).

Químicamente 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 esta forma se refiere a los procesos metabólicos de los organismos vivos presentes en el suelo donde consume oxígeno y libera dióxido de carbono (Paucar y Velastegui, 2019).

La reacción química de la respiración del suelo:



La respiración edáfica basal es una medida de la actividad microbiana, la cual representa la oxidación de la materia orgánica hasta convertirse en dióxido de carbono debido a la acción de

los microorganismos, muy similar a la respiración del suelo, pero sin tomar en cuenta la producción de dióxido de carbono de la materia vegetal. Para la cuantificación de la respiración edáfica basal se incubaba la muestra de suelo sin tejido vegetal como raíces ni césped bajo condiciones determinadas de humedad y temperatura durante un espacio de tiempo (Amount et al., 1999).

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) existe tres métodos:

- **Método de titulación:** Conocido también método por sustrato inducido, la cual se realiza en laboratorio, este método varía un poco como en concentraciones de reactivos, tiempo de incubación, cantidad de suelo y volumen de los reactivos (Amount et al., 1999). Este método es el más sencillo, muy efectivo y empleado en muchos laboratorio de investigación. Básicamente este método se trata de incubar muestra de suelo en un vial grande, en la cual se coloca un vial pequeño que contiene una solución acuosa de hidróxido de sodio o hidróxido de potación, para luego de incubar por un tiempo definido 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, Brinton y Evans, 2008).
- **Método de análisis con gas infrarrojo (IRGA):** Este método para detectar el dióxido de carbono se utiliza un cromatógrafo de gases o un gas infrarrojo analizador (IRGA) (Haney, Brinton y Evans, 2008). Este método no es tan rentable debido a alto costo de equipo.
- **Método de gel Solvita:** Es una herramienta para determinar la tasa de respiración de suelo (RS) sin la necesidad de manejar reactivos, la cual es considerado un método eficiente y rentable Este método es simple y rápido que fue diseñado para estimar las diferencias relativas de tipos de compost (Haney, Brinton y Evans, 2008).

Según (Bloem, Hopkins, 1959) 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:** El principio de este método es recoger los gases dentro de un sistema de incubación cerrado, la cual contiene la muestra del suelo que se procede a cuantificar

siguiendo la metodología establecido en (Bloem, Hopkins, 1959).

- **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 (Bloem, Hopkins, 1959).

1.2.4.2. Procesos de la respiración del suelo

Es de suma importante determinar las propiedades físicas y químicas del suelo ya que éstas influyen sobre la cantidad de microorganismos, la concentración de sustratos, enzimas y nutrientes inorgánicos del suelo y en consecuencia la respiración edáfica y biomasa microbiana (Pérez et al., 2017). 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).
- **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).
- **Proceso físico:** Desgasificación de CO₂ del suelo y transporte de CO₂ a través del suelo hacia la superficie (Pérez et al., 2017).

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

1.2.5.1. pH

Químicamente 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). Su principal influencia es biológicamente ya que afecta a los microorganismos presente en el suelo (Cárdenas, 2015). El pH depende de las entradas de cationes básicos como Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺ proveniente de la atmosfera, fertilizantes, meteorización química, residuos vegetales así como del agua de regadío (Cárdenas, 2015).

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

Tipo de suelo	pH
Extremadamente ácido	Menor a 4
Fuertemente ácido	4,0-4,9
Medianamente ácido	5,0-5,9
Ligeramente ácido	6,0-6,9
Neutro	7,0
Ligeramente alcalino	7,0-8,0
Medianamente alcalino	8,1-9,0
Fuertemente alcalino	9,1-10,0
Extremadamente alcalino	10,1

Fuente:(Cárdenas, 2015)

1.2.5.2. *Materia orgánica (M.O)*

La materia orgánica es la cantidad de componentes del suelo formado por residuos vegetales y animales en su respectivo estado de descomposición en las cuales incluye células y tejidos de organismo presente en el suelo. Este parámetro es uno del más importante para determinar la calidad del suelo tanto en sus funciones agrícolas como en funciones ambientales. Los cantidad de microorganismos está directamente relacionado con la materia orgánica del suelo (Cárdenas, 2015).

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). Luego de la descomposición de la M.O los principales elementos que encontramos son Carbono, Hidrogeno, Oxigeno, Nitrógeno y en menor porcentaje Azufre, Fosforo, Boro, Hierro y Molibdeno, entre otros (Porta, Lopez, y Poch, 2008, pp. 179).

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)

1.2.5.4. Carbono orgánico (C.O)

El carbono orgánico del suelo es uno de los parámetros considerados parte del ciclo de carbono; así, ocupando 69,8 % del C.O de la biosfera. El carbono orgánico se relaciona con las propiedades del suelo, principalmente con la materia orgánica, la cual aporta elemento como nitrógeno para la fertilidad del suelo. La cantidad de carbono orgánico del suelo depende de las condiciones ambientales así como también el manejo del suelo, por la cual puede actuar como fuente o reservorio de carbono (Martínez, Fuentes y Acevedo, 2008).

1.2.5.5. Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, la cual permite el paso a través de las partículas cargadas, la cual es directamente proporcional a contenido de sales disueltas en una solución (Cárdenas, 2015). 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, 2018).

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).

Tabla 4-1: Clasificación de los suelos según su CE

Categorías	CE promedio (DS/m)	Características
No salino	Menor a 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	Mayor 16	Muy pocos cultivos son posibles

Fuente: (Cárdenas, 2015)

1.2.5.6. Humedad (H)

Esta propiedad es importante 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 (Amount et al., 1999).

Según (FAO, 2009,p. 93) la humedad del suelo se refiere a la presencia o ausencia de agua subterránea así como agua retenida a una tensión de 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.

1.2.6. Principal propiedad física que influye en la respiración del suelo

1.2.6.1. Densidad aparente

Es una característica que nos da a conocer las condiciones en las cuales se encuentra el suelo con respecto a la porosidad, oxígeno, la disponibilidad del agua y la compactación (Ramírez, 2007). La densidad aparente está relacionada directamente con el contenido de la 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 tiene una densidad aparente mayor (Peñuela y Fernandez, 2011).

En suelos orgánicos la densidad varía desde 0,1 g/cm³ o menos, en suelos minerales hasta 1,60 g/cm³, en suelos arenosos puede llegar hasta 1,8 g/cm³ mientras que en suelos compactados hasta 2 g/cm³ y en suelos derivados de cenizas volcánicas esta entre 0,70 y 0,98 g/cm³ (Cárdenas, 2015).

1.2.7. Microcuenca de río Guano

La microcuenca del río Guano está ubicado en provincia de Chimborazo, cantón Guano, la cual pertenece a la Cuenca del Río Pastaza y a la Subcuenca del Río Chambo. Su origen se da en las faldas de nevado Chimborazo (Tipán, 2018). La altitud territorial del cantón Guano va desde 2280 m.s.n.m en la comunidad Cahuaji Bajo que pertenece parroquia Guanando, hasta los 6310 m.s.n.m en el nevado Chimborazo que pertenece a la parroquia de San Andrés. En esta zona registra una temperatura que oscila de 0 °C en nevado Chimborazo hasta los 28,3 °C que se da en los meses más caluroso del año (Meléndrez, 2014).

1.2.7.1. Uso y ocupación del suelo de cantón Guano

Los principales procesos como monocultivo y alto uso de fertilizantes han influido de alguna forma en la degradación de los suelos de la mayoría de las parroquias que pertenece a este cantón. En este cantón Guano alrededor del 45% de su suelo está afectado por el proceso de degradación, la cual en la actualidad es una amenaza para la flora y fauna nativa del sector. Otro factores entre ellos la lluvia intensas que caen en la zona comúnmente causan erosión del suelo (Meléndrez, 2014).

1.2.7.2. Uso actual del recurso suelo en el cantón Guano

Según estudió de (Meléndrez, 2014) sobre el uso actual del suelo en barrio urbano de cabecera de este cantón son las siguientes: 64,7% zona rural amenazada, 11,8% cultivos, 17,6% zona erosionadas, 5,9% pastos y resto se encuentra zonas abandonadas. Y en barrios rurales de la cabecera cantonal se encuentra: 23,8% cultivos, 38,1 % zona erosionadas, 14,3% zona rural amenazadas, 9,5% pastos y 7,1% zona abandonada. Y los principales cultivos tanto en barrios urbanos y rurales son las siguientes: 28,6% maíz, 7,1% alfalfa 17,9% papas, 10,7 arveja, 3,6% habas, 7,1% frejol, 10,7% chochos, 7,1% tunas entre otros.

1.2.8. Paramó

El páramo 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 ecosistema se caracteriza principalmente por ser un ambiente húmedo y frío, con una temperatura que oscila de -3°C a 20°C y una precipitación anual que oscila entre los 500 a 3.000 milímetros. Las variedades climáticas, geográficas y geológicas influyen directamente en la variedad de vegetación, en la cual permite el desarrollo de diferentes tipos de flora y fauna (Bustamante, Albán y Argüello, 2011).

Este ecosistema brinda muchos servicios ambientales a la población como acumulación de grandes cantidades de carbono orgánico en el suelo, la cual ayuda disminución de emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera y 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 (Pauca y Velastegui, 2019).

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 nutrientes (Bustamante, Albán y Argüello, 2011).

1.2.8.1. 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. Superpáramos la cual comprende todas las montañas más altas y esta de 4.200 msnm (Camacho, 2014).

Tabla 5-1: Impacto del cambio climático en el páramo

Tipos de páramo	Cambios esperados	Respuesta del ecosistema
SUB-PÁRAMO	<ul style="list-style-type: none">- Mas temperatura y precipitación- Mas actividades antropogénicas	<ul style="list-style-type: none">- Perdida de diversidad- Perdida de hábitat
MID-PÁRAMO	<ul style="list-style-type: none">- Mas temperatura y precipitación- Mas actividades antropogénicas	<ul style="list-style-type: none">- Aumenta productividad- Aumenta riqueza- Especies oportunistas
SUPER-PÁRAMO	<ul style="list-style-type: none">- Más productivo baja altitud- Mas insolación, viento y extremos a alta altitud	<ul style="list-style-type: none">- Amplia súper-páramo bajo- Reduce súper-páramo alto- Extinciones importantes- Ecosistemas no-análogos
HUMEDALES, PANTANOS	<ul style="list-style-type: none">- Aumenta evaporación, se seca- Alimentación agua de glaciación	<ul style="list-style-type: none">- Perdida de hábitat y diversidad- Cambio físico-químico

Fuente: (Sánchez y Díaz, 2013)

1.3 Bases conceptuales

1.3.1 Respiración edáfica

Según (Ebrahimi et al., 2019) (Wang et al., 2019) la respiración del suelo es un proceso biológico como resultado del metabolismo de los microorganismos presentes en el suelo que convierte el carbono orgánico en dióxido de carbono.

1.3.2 Microorganismos

Es un ser vivo que se visualiza en un microscopio, la cual presenta una organización biológica elemental a diferencia 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 (Lidia, Pér and Manuel, 2010).

1.3.3 Cambio climático

Según (Sánchez and Díaz, 2013) el cambio climático se refiere al cambio de temperatura, la velocidad del viento y la humedad, donde los seres vivos recibe los mayores daños. Es la variación 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 (Salvador, 2010).

1.3.4 Efecto invernadero

Se refiere al mecanismo por medio de la cual la atmosfera del planeta tierra se calienta (Caballero, Lozano y Ortega, 2006).

1.3.5 Calentamiento global

El calentamiento global es el fenómeno del incremento de temperatura (Caballero, Lozano y Ortega, 2006).

1.3.6 Suelo

Según (Conti, 2000) suelo es la capa de la corteza terrestre que proporciona servicios ambientales en la cual permite crecimientos de plantas, retiene nutrientes y almacena agua, además es un reservorio de microorganismos.

1.3.7 Paramó

Es considerado como un ecosistema frágil y biodiverso propia de las montañas en la cual existen más de 3.000 especies de plantas vasculares, de las cuales un 60% son endémicas, y así mismo encontramos microorganismo y contiene recursos naturales. Una de las características importantes de los páramos es proveer agua dulce desde las alturas. La medida de los páramos varía bastante dependiendo a las condiciones climáticas, antrópicas y geológicas del país, las cuales son considerados de una altitud de 3.500 m como límite inferior (Queiroz, 2018).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLOGÍA

2.1. Lugar de estudio

2.1.1. Ubicación

La microcuenca del río Guano está ubicado en provincia de Chimborazo, cantón Guano, la cual pertenece a la Cuenca del Río Pastaza y a la Subcuenca del Río Chambo. Su origen se da en las faldas de nevado Chimborazo (Tipán, 2018).

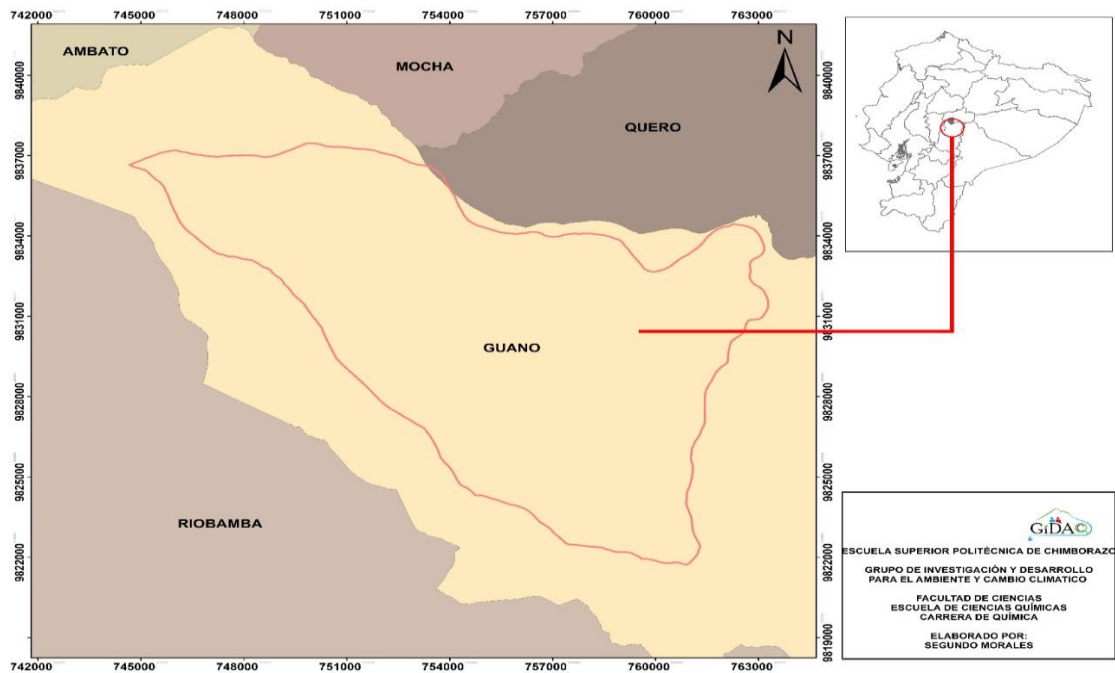


Figura 1-2. Mapa de la microcuenca de río Guano

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

2.1.2. Límites

Los límites de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo son:

Norte: Provincia de Tungurahua (Ambato)

Sur: Microcuenca de río Chambo

Este: Mocha y Quero

Oeste: Riobamba

2.1.3. Altitud

La ubicación altitudinal del área de estudio de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo se encuentra a 3000 m.s.n.m. la parte inferior y 4400 m.s.n.m. la parte superior. En la cual el suelo intervenido (pasto, plantación y cultivo) se encuentra de 3000 m.s.n.m. hasta 4200 m.s.n.m. y los suelos no intervenido (páramo) se encuentra de 3800 m.s.n.m. hasta 4400 m.s.n.m.

2.1.4. Condiciones Climáticas

En la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo se registra una temperatura que oscila de 0 °C en nevado Chimborazo hasta los 28,3 °C en la zona baja, que se da en los meses más caluroso del año.

2.2 Tipo de Investigación

Esta investigación por el método de investigación es de tipo cuantitativo debido a que la obtención de datos de análisis de respiración edáfica y propiedades físico-químicas de los suelos se basa en principios cuantificables. Según el objetivo esta investigación es de tipo aplicada (práctica) debido a que se pondrá en práctica nuestros conocimientos con un fin aplicativo en la obtención de datos de respiración edáfica y propiedades físico-químicas de distintos usos de suelos. Según la manipulación de variables, esta investigación es de tipo Cuasiexperimentos debido a que vamos a experimentar las variables dependientes (respiración edáfica para observar su efecto sobre la variable independiente (propiedades físico-químicas de distintos usos de los suelos de la microcuenca de río Guano). Según el nivel de profundización en el objeto de estudio, esta investigación es de tipo exploratorio debido a que no hay un estudio científico de la respiración del suelo en la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo. Según el tipo de inferencia, esta investigación es de tipo deductivo debido a que trata de comprobar que existe la variación de la respiración edáfica con el cambio de uso de suelo en la microcuenca de río Guano, provincia Chimborazo. Según el periodo temporal, es de tipo transversal debido a que el tiempo del estudio de la respiración edáfica y propiedades físico-químicas lo determino yo. Según por la condición de estudio, es de tipo laboratorio debido a que las muestras de suelo recogidas en el campo de microcuenca de río Guano provincia de Chimborazo se traslada a un laboratorio para determinar la respiración edáfica y las propiedades físico-químicas del suelo.

2.3 Diseño de la Investigación

El diseño experimental característico de la investigación es el diseño cuasiexperimentos debido a que vamos a experimentar las variables dependientes (respiración edáfica para observar su

efecto sobre la variable independiente (propiedades físico-químicas de distintos usos de los suelos de la microcuenca de río Guano).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis nula:

No existe correlación entre las propiedades físico-químicas y respiración edáfica de distintos usos de los suelos de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo.

2.4.2. Hipótesis alterna

Existe correlación entre las propiedades físico-químicas y respiración edáfica de distintos usos de los suelos de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo.

2.5. Variables

2.5.1. Variable dependiente

Respiración edáfica

2.5.2. Variable independiente

Propiedades físicas-químicas de usos de los suelos.

2.6. Técnicas de recolección de datos

Se realizó la delimitación del área de estudio con la ayuda de herramientas de información geográfica Arcgis para conocer con exactitud el área que se va a estudiar en la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo.

2.6. Unidad de análisis

1kg de muestra compuesta de distintos usos de suelos de la microcuenca de río Guano, cantón Guano, parroquia San Isidro provincia de Chimborazo, Ecuador.

2.7. Población de estudio

La población de estudio se consideró el área de la microcuenca de río Guano provincia de Chimborazo, con énfasis edáfico la cual consta de 14323 hectáreas (ha) superficie total. Se dividió en suelos no intervenido (3512 ha páramo) y suelos intervenidos (1976 ha de plantaciones, 6851 ha de pastos y 1984 ha de cultivos).

2.8. Tamaño de la muestra

En la microcuenca de Río Guano, provincia de Chimborazo se determinó 72 muestras de suelo por medio de la ecuación para población finita.

$$n = \frac{N * p * q * Z^2}{(N - 1) * e^2 + p * q * Z^2}$$

$$n = \frac{14323 * 0.5 * 0.95 * 1.96^2}{(14323 - 1) * 0.05^2 + 0.5 * 0.95 * 1.96^2}$$

$$n = 72,625$$

N: tamaño de la población. (Superficie de la microcuenca del río Guano)

p = probabilidad de que un evento suceda. (0,90)

q = probabilidad de que el evento no suceda. (0,05)

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1.96 (como más usual)

d= precisión

Luego de calcular el tamaño de muestra con 0.5% de error mediante un muestreo probabilístico por aleatorio simple se obtuvo “n” de 72 muestras compuesta, la cual se considera parcelas y para determinar el conglomerado se divide para 3 y obtenemos 24 conglomerado.

2.8. Selección de la muestra

Para la selección de muestra se consideró el suelo no intervenido (páramo) vs suelos intervenidos (Plantaciones, pastizales y cultivos) un total de 24 conglomerados y un total de 72 muestras compuesta de suelo tomadas a una profundidad de 0-30 cm. Para la cual se estableció 12 conglomerados en páramo, 2 en plantación, 7 en pastizales y 3 en cultivo en suelos de la microcuenca de Río Guano, provincia de Chimborazo.

Tabla 1-2: Coordenadas de 24 conglomerados.

N°	Parcela	Área (m ²)	Sector	X- coord	Y- coord	Altitud (m.s.n.m)
1	A1	Paramó conservado	Choquipogüio	748543	9837566	4254
2	A2	Paramó conservado	Choquipogüio	748306	9837544	4312
3	A3	Paramó conservado	Choquipogüio	748586	9837801	4286
4	A1	Paramó conservado	Choquipogüio	749615	9836293	4134
5	A2	Paramó conservado	Choquipogüio	749421	9836125	4140
6	A3	Paramó conservado	Choquipogüio	749463	9836447	4155
7	A1	Paramó conservado	Choquipogüio	748920	9837250	4265
8	A2	Paramo conservado	Choquipogüio	749172	9837226	4256
9	A3	Paramó conservado	Choquipogüio	748926	9837509	4248
10	A1	Paramó conservado	Choquipogüio	748314	9834276	4082
11	A2	Paramó conservado	Choquipogüio	748077	9834358	4165
12	A3	Paramó conservado	Choquipogüio	748417	9834510	4082
13	A1	Paramó conservado	Santa lucia de chuquipogüio	747968	9834762	4246
14	A2	Paramó conservado	Santa lucia de chuquipogüio	747786	9834941	4288
15	A3	Paramó conservado	Santa lucia de chuquipogüio	748138	9834974	4242
16	A2	Pasto	Las minas	755305	9833588	3526
17	A1	Pasto	Las minas	755201	9833364	3403
18	A3	Pasto	Las minas	755392	9833249	3522
19	A1	Eucalipto	Lliho	754587	9828736	3165
20	A2	Eucalipto	Lliho	754819	9828692	3160
21	A3	Eucalipto	Lliho	754833	9828932	3162
22	A2	Pasto azul/reigras	Las minas	754710	9833099	3482
23	A1	Pasto azul/reigras	Las minas	754959	9833074	3489
24	A3	Pasto azul/reigras	Las minas	754908	9832833	3481
25	A1	Pasto azul/alfalfa	Santa rosa de quichipogüio	753284	9833419	3488
26	A2	Pasto azul/alfalfa	Santa rosa de quichipogüio	753518	9833512	3482
27	A3	Pasto azul/alfalfa	Santa rosa de quichipogüio	753174	9833653	3480
28	A1	Pasto	Lliho	754484	9827689	3140
29	A2	Pasto	Lliho	754728	9827709	3140
30	A3	Pasto	Lliho	754476	9827941	3145
31	A1	Paramó conservado	San Rafael	749243	9836775	4206
32	A2	Paramó conservado	San Rafael	749468	9836818	4188
33	A3	Paramó conservado	San Rafael	748981	9836869	4220

34	A1	Paramó conservado	Asaco grande	762484	9832293	3912
35	A2	Paramó conservado	Asaco grande	762390	9832494	3878
36	A3	Paramó conservado	Asaco grande	762692	9832145	3935
37	A1	Paramó conservado	Pichan grande	762828	9833470	4000
38	A2	Paramó conservado	Pichan grande	762918	9833706	4016
39	A3	Paramó conservado	Pichan grande	763015	9833953	4052
40	A1	Paramó conservado	Asaco grande	762246	9832981	3856
41	A2	Paramó conservado	Asaco grande	762414	9833145	3915
42	A3	Paramó conservado	Asaco grande	762467	9832857	3852
43	A1	Paramó conservado	Pichan grande	762636	9833999	4112
44	A2	Paramó conservado	Pichan grande	762482	9833832	4082
45	A3	Paramó conservado	Pichan grande	762449	9834236	4238
46	A1	Paramó conservado	Asaco grande	761872	9832033	3882
47	A2	Paramó conservado	Asaco grande	761652	9832134	3802
48	A3	Paramó conservado	Asaco grande	761829	9831818	3886
49	A1	Pasto azul	Pichan grande	759614	9831604	3884
50	A2	Pasto azul	Pichan grande	759502	9831755	3882
51	A3	Pasto azul	Pichan grande	759788	9831730	3860
52	A1	Paramó	Choquipoguo	748617	9837069	4286
53	A2	Paramó	Choquipoguo	748372	9837254	4268
54	A3	Paramó	Choquipoguo	748752	9837022	4240
55	A2	Papas	Lliho	754363	9828513	3194
56	A1	Papas	Lliho	754378	9828749	3164
57	A3	Papas	Lliho	754143	9828493	3036
58	A2	Pasto	Tuntatacto	753174	9830423	3362
59	A1	Pasto	Tuntatacto	753157	9830203	3370
60	A3	Pasto	Tuntatacto	753157	9830072	3242
61	A1	Avena	Progreso	751243	9832239	3500
62	A2	Avena	Progreso	751479	9832506	3435
63	A3	Avena	Progreso	751050	9832389	3510
64	A2	Papas	Santa rosa de quichipoguo	751695	9835217	3638
65	A1	Papas	Santa rosa de quichipoguo	751599	9834991	3724
66	A3	Papas	Santa rosa de quichipoguo	751830	9834903	3692
67	A1	Pino	Pichan Grande	760319	9832414	4000
68	A2	Pino	Pichan Grande	760137	9832273	4000
69	A3	Pino	Pichan Grande	760318	9832555	4080
70	A1	Pasto	Santa lucia de tembo-	757478	9827982	3445
71	A2	Pasto	Santa lucia de tembo-	757589	9828049	3440
72	A3	Pasto	Santa lucia de tembo-	757607	9827807	3360

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

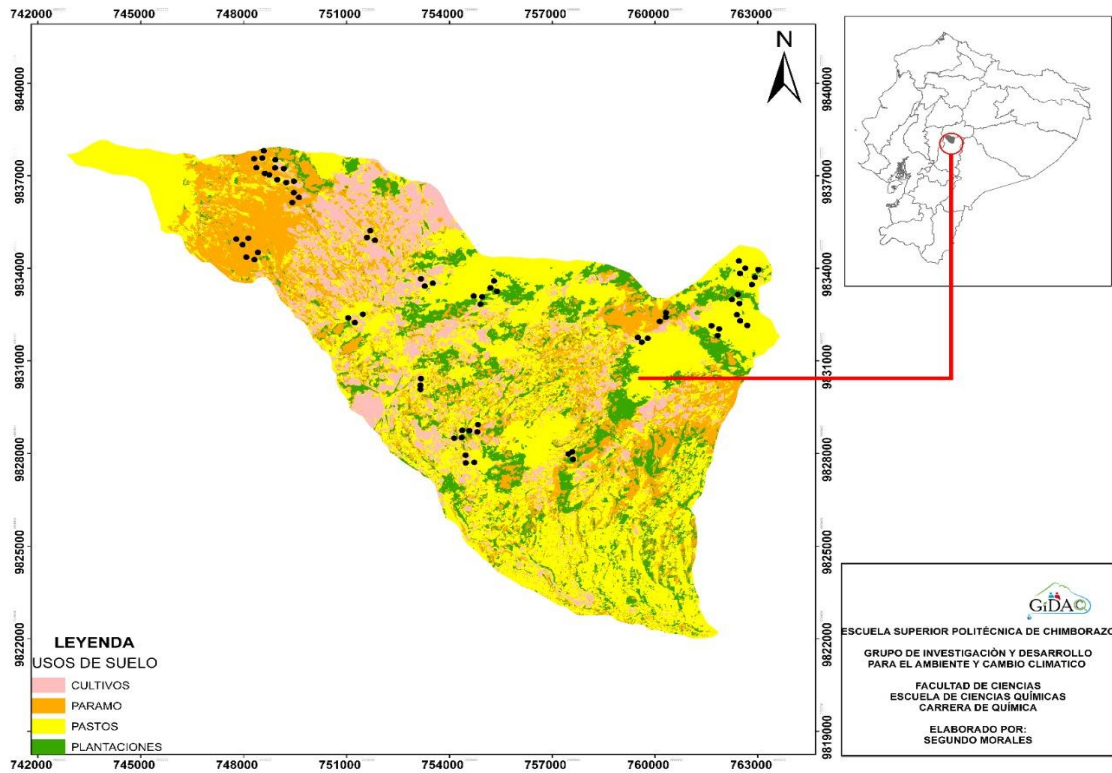


Figura 2-1. Puntos de monitoreo en los suelos de la microcuenca de río Guano
 Realizado por: Gregorio Morales, 2020

2.11. Diseño experimental

El diseño experimental para el presente estudio se utilizó el diseño experimental factorial de bloques trifactorial para el área de estudio de dicha investigación.

Tabla 2-1: Diseño de bloques trifactorial para tratamiento de suelos

Altitud (A)	Conglomerados (C)	Profundidad (P)	REPETICIONES (r)		
			r ₁	r ₂	r ₃
A ₁	C1	p-30	r ₁	r ₂	r ₃
			r ₁	r ₂	r ₃
	C2	p-30	r ₁	r ₂	r ₃
			r ₁	r ₂	r ₃
	C3	p-30	r ₁	r ₂	r ₃
			r ₁	r ₂	r ₃
	C4	p-30	r ₁	r ₂	r ₃
			r ₁	r ₂	r ₃
A ₂	C1	p-30	r ₁	r ₂	r ₃
			r ₁	r ₂	r ₃
	C2	p-30	r ₁	r ₂	r ₃
			r ₁	r ₂	r ₃
	C3	p-30	r ₁	r ₂	r ₃
			r ₁	r ₂	r ₃

			r1	r2	r3
	C4	p-30	r1	r2	r3
			r1	r2	r3
A3	C1	p-30	r1	r2	r3
			r1	r2	r3
	C2	p-30	r1	r2	r3
			r1	r2	r3
	C3	p-30	r1	r2	r3
			r1	r2	r3
	C4	p-30	r1	r2	r3
			r1	r2	r3

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Los datos se procesarán mediante análisis de (ANOVA) modelo factorial con 2 factores para evaluar las diferencias significativas para analizar los factores Intervención y Altitud y definir el comportamiento con relación a la respiración edáfica del suelo.

Tabla 3-2: ANOVA modelo Factorial con 2 factores y repetición

F.V	S.C	G.L	C.M	Fexp
Factor A	SCA	a-1	CMA	CMA/CMR
Factor B	SCB	b-1	CMB	CMB/CMR
Interacción	SCAB	(a - 1)(b - 1)	MCAB = SCAB/(a-1)(b-1)	FAB = MCAB/ MCE
Residual	SCE	ab(n - 1)	MCE = SCE /ab(n-1)	
Total	SCT	abn - 1		

Fuente:(Marin, 2014)

Se realizó anova modelo factorial con un solo factor para analizar la diferencia de respiración edáfica en usos de suelo.

Tabla 4-2: ANOVA modelo Factorial con un solo factor y replica

F.V	S.C	G.L	C.M	F exp
Factor A	SCA	a-1	CMA	CMA/CMR
Residual	SCE	ab(n - 1)	MCE = SCE /ab(n-1)	
Total	SCT	abn - 1		

Fuente:(Marín, 2014)

Además, para la determinación las correlaciones existentes de la respiración edáfica y la propiedad físicos-química se realizó coeficiente de correlación de Spearman y un análisis de regresión múltiple para determinar que variables resultan significativas, de manera lineal, mediante el estadístico de prueba t de student.

Se utilizó con programa R SOFTWARE versión 19 para Windows.

2.10.1. Fase de campo

2.10.1.1. Identificación de usos de suelo en la MCRG

Con la ayuda del programa Earth Explorer, en la cual se descargó una imagen satelital “LANDSAT 8” para distinguir los diferentes usos de los suelos de la microcuenca de río Guano, provincia de Chimborazo. Para la cual se logró distinguir los usos de suelo representativo las cuales fueron suelos no intervenidos (páramo) y suelos intervenidos (plantación, pastizales y cultivo).

2.10.1.2. Diseño de muestreo

Se utilizó el método de muestreo establecido por Ministerio del Ambiente y ONU-REDD+, 2012 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. Se utilizó un GPS para lograr llegar al punto exacto de muestreo. Se utilizó barreno para sacar la muestra a una profundidad de 0-30 cm. Se recolectó 3 muestras compuestas para respiración edáfica y 3 muestras compuestas para parámetros físico-químicas por conglomerado para su respectivo análisis.

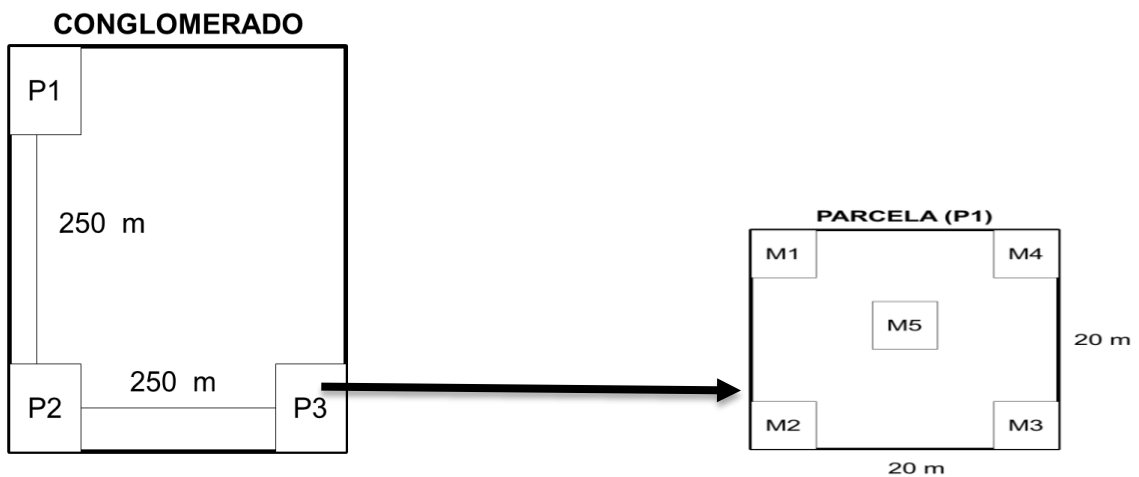


Figura 3-2: Diseño del muestreo en el campo
Realizado por: Gregorio Morales

2.10.1.3. Método para respiración edáfica, materia orgánica, pH, conductividad y carbono orgánico

Con la ayuda de un barreno a una profundidad 0-30 cm, en cada parcela establecido y 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.

2.10.1.4. Método para densidad aparente y % de humedad

Para la densidad, con la ayuda de una excavadora se realizó un hoyo de 0-30 cm, 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 excavadora 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.

2.10.2. Fase laboratorio

2.10.2.1. Preparación de reactivos

Se utilizaron los datos que se encuentra en el anexo 8

➤ 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 vidrio reloj.
- 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.

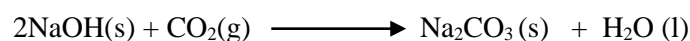
➤ **Solución de fenolftaleína (0.1 g/100 ml 60% (v/v) etanol)**

- 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.

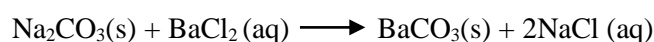
• *2.10.2.2. Cuantificación de la respiración edáfica*

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, Hopkins y Benedetti, 1959) 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 (BaCl₂) al vaso de precipitación que contiene carbonato de sodio (Na₂CO₃) más agua (H₂O) para precipitar el CO₂ 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, Hopkins y Benedetti, 1959) 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, Hopkins, 1959, p. 119). (Durante la pre incubación la perdida de humedad del suelo debe ser compensada al momento de cambiar los viales para la incubación).

1. En el frasco de vidrio de medio litro se agregó el papel filtro humedecido al fondo (El agua que lo humedece debe estar sin CO_2 , se recomienda agua destilada).
2. En un vaso de precipitación se agregó 2 ml de NaOH 1M.
3. Se colocó el vaso de precipitación al fondo del frasco de medio litro.
4. 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)
5. Se Dejó incubar a temperatura de laboratorio por 7 días.

2. Incubación

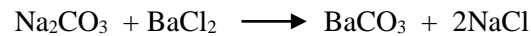
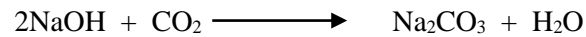
Se refiere a incubar la muestra y el blanco por 24 horas antes de la titulación.

1. 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.
2. Se aseguró que el papel filtro este humedecido, y se cerró herméticamente el frasco de medio litro.
3. Se incubó a temperatura ambiente por 24 horas.

3. Medición

Se refiere a la titulación de las muestras y blanco.

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



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

4. Calculo

La cuantificación de respiración edáfica (RE) fue calculada en unidad de ug CO₂-C/g, por hora mediante la fórmula (Bloem, Hopkins y Benedetti, 1959):

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

Donde:

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

Vb: Volumen en mililitro de 0.05 M de 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).

2.10.2.3. Determinación de parámetros 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:

1. En la balanza analítica modelo OHAUS se pesó en la tarrina de aluminio.

2. Se eliminó la funda plástica sellada anteriormente en el campo.
3. La muestra de suelo de los cilindros se procedió a poner en la tarrina de aluminio con la ayuda de una espátula.
4. 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.
5. Se colocó en la estufa a 105°C durante 24 horas.
6. 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.

3. Determinación de (potencial de hidrogenoides) pH y (Conductividad Eléctrica) CE

Los análisis de pH y conductividad eléctrica se recomiendan realizar en menos tiempo posible de la recolección de la muestra en el campo.

4. pH

1. En una balanza analítica modelo OHAUS, se pesó 20 gr de suelo de la muestra en un vaso

plástico.

2. Se añadió 45 ml de agua destilada, agitar 15 minutos.
3. Se dejó reposar por 3 minutos.
4. Se midió con un pH-metro de mesa modelo Accumet Fisher Scientific,
5. Se anotó los valores.

5. Conductividad

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

4. Determinación de Materia orgánica y Carbono orgánico

1. La muestra de suelo se procedió a secar en un papel periódico a temperatura ambiente hasta observar que la muestra este bien seca.
2. Se procedió a tamizar la muestra secada con un tamiz de 2 milímetros (mm) (análisis de pH) ,425 micrómetro (μm) se utiliza para determinar materia orgánica.
3. Se taro los crisoles para eliminar las impurezas en una mufla a 900°C durante 2 horas.
4. Luego de la hora prevista se le enfría en un desecador.
5. Se etiqueto los crisoles con los códigos respectivos la cual se pesó en una balanza analítica (P1).
6. Utilizando la técnica del cuarteo se pesa 5,0000 gramos de suelo de muestra en una balanza analítica (P2).
7. 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).
8. 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

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

3.1 Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos de la MRGPCH.

Tabla 1-3: Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos no intervenido de la MRGPCH.

Altitud m.s.n.m.	C	RE (ug CO ₂ -C/g por hora)	pH	Conductividad eléctrica (Us/cm)	M.O (%)	C.O (%)	Humedad (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
3800-4000	P 1	0,47	5,84	175,93	11,97	6,95	49,62	0,83
3800-4000	P 2	0,30	5,81	176,83	13,39	7,68	50,20	0,83
3800-4000	P 3	0,39	5,75	169,93	12,29	7,13	48,11	0,82
4000-4200	P 4	0,58	5,54	155,07	17,08	10,27	54,04	0,74
4000-4200	P 5	0,56	5,16	141,93	15,16	8,79	53,65	0,72
4000-4200	P 6	0,49	5,32	138,13	16,55	9,71	54,37	0,73
4000-4200	P 7	0,57	5,68	153,87	16,52	9,58	52,90	0,80
4000-4200	P 8	0,62	5,72	162,83	16,84	9,77	53,45	0,73

4000-4200	P 9	0,63	5,45	148,00	13,69	7,94	54,08	0,73
4200-4400	P 10	0,82	4,42	114,07	23,60	14,09	56,26	0,67
4200-4400	P 11	0,72	4,53	125,27	22,44	13,01	55,86	0,66
4200-4400	P 12	0,71	4,49	121,47	19,23	11,16	56,12	0,67
Promedio:		0,57	5,31	148,61	16,56	9,67	53,22	0,74
P: Páramo RE: Respiración Edáfica M.O: Materia Orgánica C.O: Carbono Orgánico C: Código								

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Tabla 2-3: Resultados de respiración edáfica y las propiedades físico-químicas de los suelos intervenido de la MRGPCH

Altitud m.s.n.m.	Código	RE (ug CO ₂ -C/g por hora)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	M.O (%)	C.O (%)	Humedad (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
3000-3200	Pz 1	1,06	6,89	85,93	2,25	1,31	21,33	1,34
3200-3400	Pz 2	0,93	6,70	72,07	2,65	1,54	22,61	1,18
3400-3600	Pz 3	0,82	6,48	37,80	4,11	2,68	26,97	1,15
	Pz 4	0,81	6,49	42,73	4,11	1,92	21,68	1,19

3400-3600								
3400-3600	Pz 5	0,85	6,61	44,87	3,87	2,25	21,05	1,10
3400-3600	Pz 6	0,89	6,57	76,23	2,26	1,94	24,60	1,20
3800-4000	Pz 7	0,76	6,13	30,47	5,22	3,03	26,11	1,13
3000-3200	C 1 Papa	0,83	6,54	38,13	1,61	0,93	13,74	1,22
3400-3600	C 2 Avena	0,92	6,07	33,47	5,15	2,98	17,23	1,15
3600-3800	C 3 Papa	1,02	6,29	61,63	7,28	4,23	14,64	1,04
3000-3200	Pt 1 Eucalito	0,23	6,33	43,90	3,21	1,86	8,46	1,32
4000-4200	Pt 2 Pino	0,44	6,37	62,33	6,10	3,60	32,82	1,06
Promedio:		0,80	6,46	52,46	3,99	2,35	20,94	1,17
RE: Respiración Edáfica								
Pz: Pasto								
C: Cultivo								
Pt: Plantación								

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

3.2. Análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos de la MRGPCH.

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

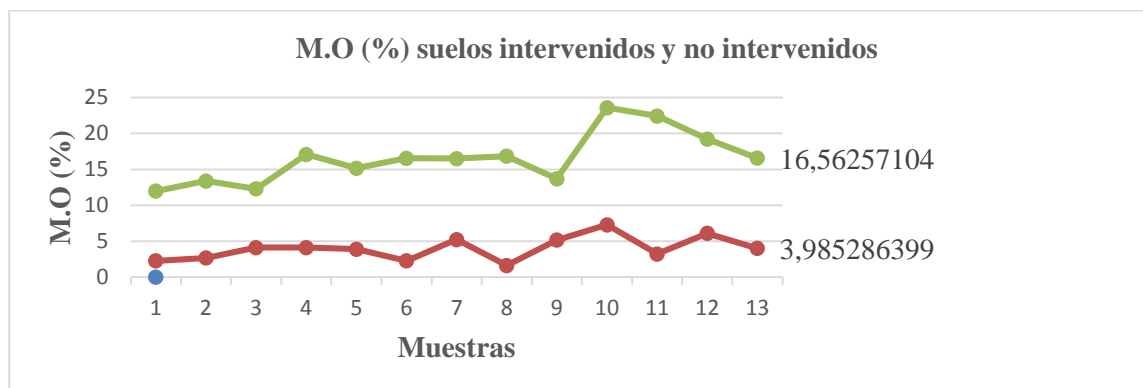


Gráfico 1-3. Distribución de M.O (%) de los suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Como se observa en el Gráfico 3-1; los suelos no intervenido (páramo) presenta un valor promedio de 16,56% de materia orgánica y los suelos intervenidos 3,9%. Según Cárdenas (2015) dice que la principal característica de los suelos de páramo andinos es poseer gran cantidad de materia orgánica acumulada. Echeverría y Recalde, (2014) señala que esto se debe a sus condiciones ambientales. Los suelos intervenidos tienen bajo en materia orgánica, debido al empobrecimiento del suelo a causa de las actividades antropogénicas. Según Martínez, Fuentes y Acevedo (2008, pp.69) indica que la pérdida de materia orgánica de los suelos intervenidos es superior a la tasa de la formación de humus no perturbados, por lo que un suelo agrícola es una fuente de emisión de dióxido de carbono a la atmosfera.

3.2.2. Análisis de carbono orgánico (C.O)

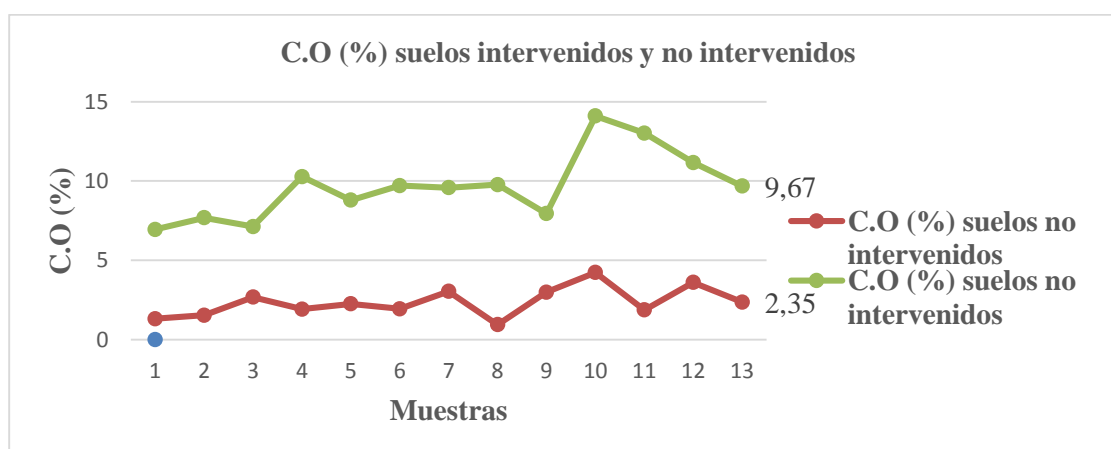


Gráfico 2-3. Distribución de C.O (%) suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Como se observa en el Gráfico 3-2; los suelos no intervenidos (páramo) presenta un valor promedio de 6,67% de carbono orgánico y suelos intervenidos 2,35%. Según Martínez, Fuentes y Acevedo (2008, pp.69) señala que el carbono orgánico del suelo (COS) se vincula con la cantidad de la materia orgánica por ende si un suelo contiene alto contenido de materia orgánica es rico carbono orgánico, esto ayuda a que el suelo tenga micro y macronutrientes. La pérdida de carbono orgánico se debe al cultivo intensivo en el suelo, por la cual puede disminuir entre 30 y 50% del nivel inicial y la capacidad de retención de humedad.

3.2.3. Análisis de humedad

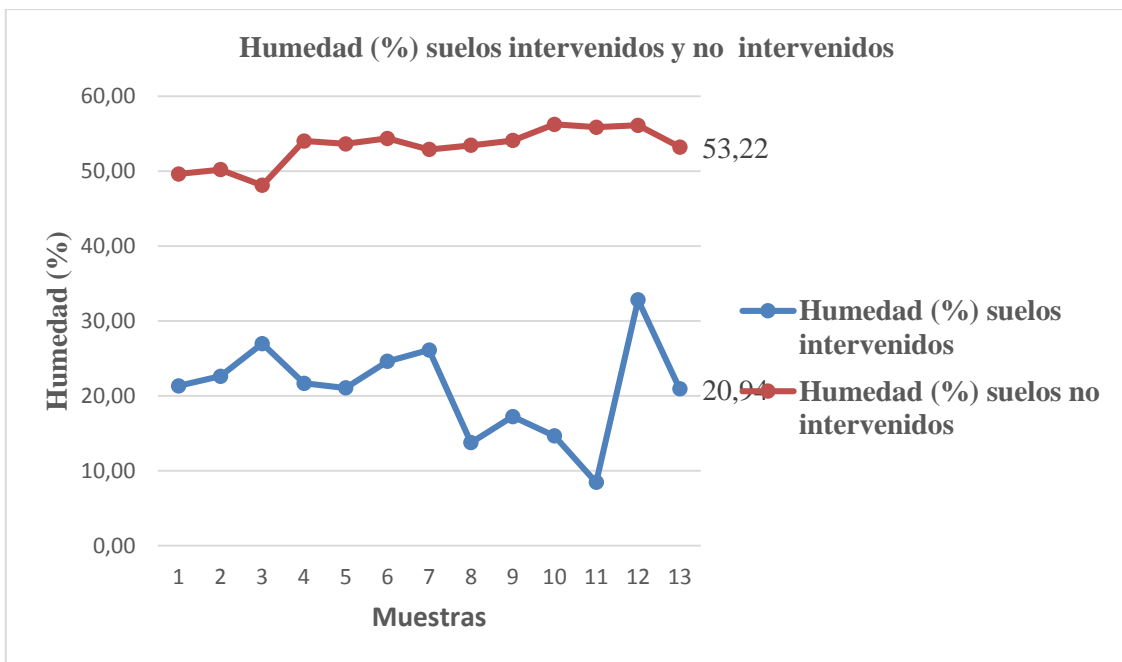


Gráfico 3-1. Distribución de la Humedad (%) de los suelos intervenidos vs no intervenidos
Realizado por: Gregorio Morales, 2020

En el Gráfico 3-3 indica que los suelos no intervenido (páramo) existe un valor promedio de 53,22% de humedad, a diferencia de la humedad del suelo intervenidos que presento un porcentaje de 20,94%. Martínez (2017, pp.47) indica que el alto porcentaje de humedad en suelos no intervenidos se debe a la porosidad, la cual retienen el agua y ayudan a un servicio ecosistemático como es la provisión de agua.

3.2.4. Análisis de la densidad aparente

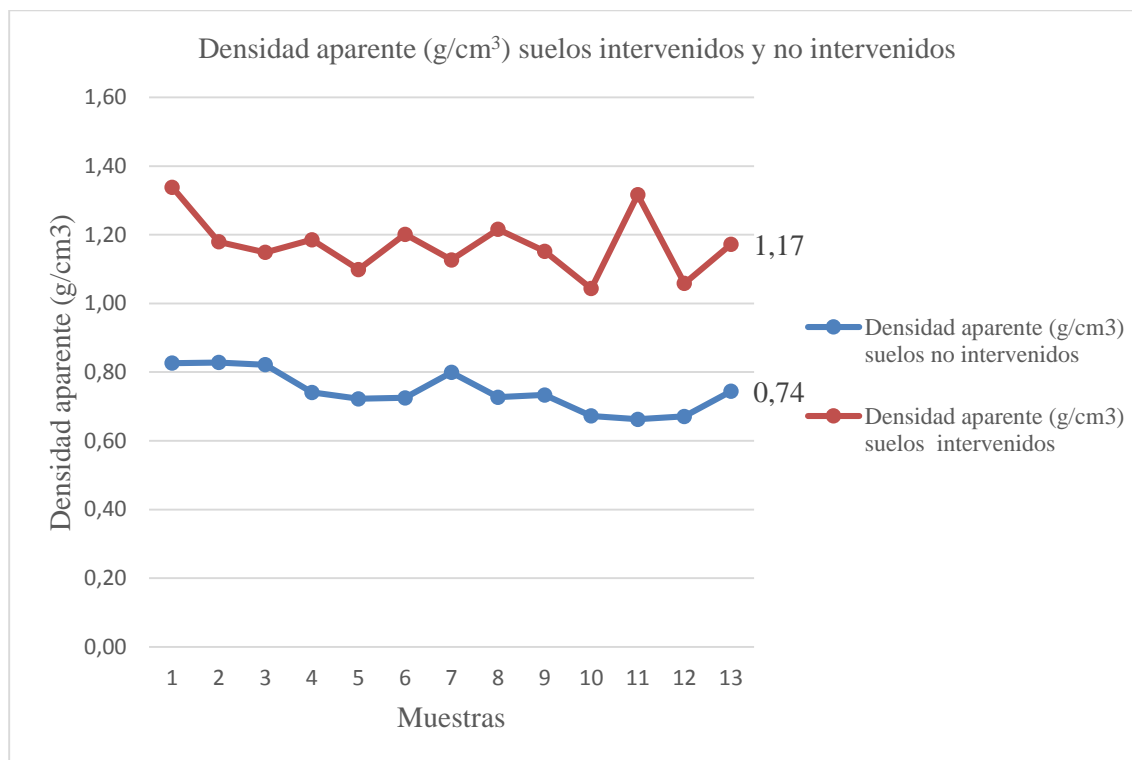


Gráfico 4-3. Distribución de la densidad aparente (g/cm^3) suelos intervenidos vs no intervenidos
Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Como se indica en el Gráfico 3-4 sobre la densidad aparente en los suelos no intervenido (páramo) presenta un valor promedio de $0,74 \text{ g/cm}^3$ que son muy característicos a los suelos de páramos, a diferencia de suelos intervenidos $1,17 \text{ (g/cm}^3)$. Según Cárdenas (2015, pp.60) afirma que la densidad aparente para los suelos de paramo fluctúan de $0,4$ a $0,8 \text{ g/cm}^3$ y mientras que para suelos intervenidos comprende valores superior a $0,90 \text{ g/cm}^3$. El aumento de la densidad aparente a niveles mayores de $1,0 \text{ g/cm}^3$ es debido a la compactación del suelo la cual, según Rodríguez, Larreal y Moreno (2012, pp.44) dice que se debe a la transito de los animales por lo que la presión de las pezuñas del mismo resultara una reducción en el volumen de macroporos del suelo, otros de los factores que aumenta la densidad aparente son el uso de maquinaria pesada y las perturbaciones cuando los suelos están húmedos.

3.2.5. Análisis de pH

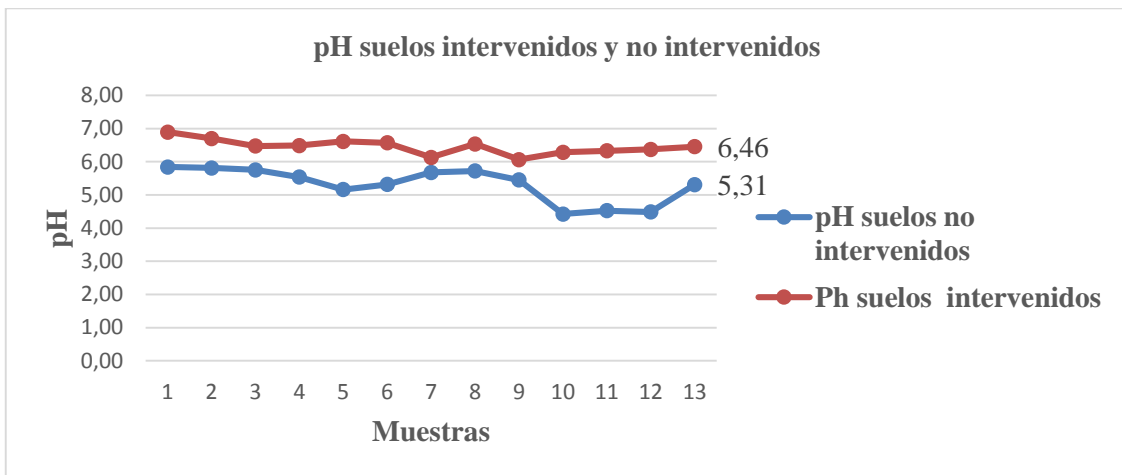


Gráfico 5-3. Distribución de pH suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Como se indica en el Gráfico 3-5 sobre el pH de suelos no intervenido (páramo) presenta un valor promedio de 5,31, a diferencia de los suelos intervenidos 6,46. Según la clasificación de Cárdenas (2015) se considera medianamente ácido a suelos que tiene valores de 5,0 a 5,9 y mientras que de 6,0 a 6-9 se considera suelos ligeramente ácidos. De acuerdo a esta clasificación se puede decir que los suelos no intervenidos son medianamente ácido, la cual son muy características de los páramos andinos, esto se debe a la pérdida de cationes y a alto contenido de materia orgánica la cual contribuye a la acidificación.

3.2.6. Análisis de la conductividad eléctrica

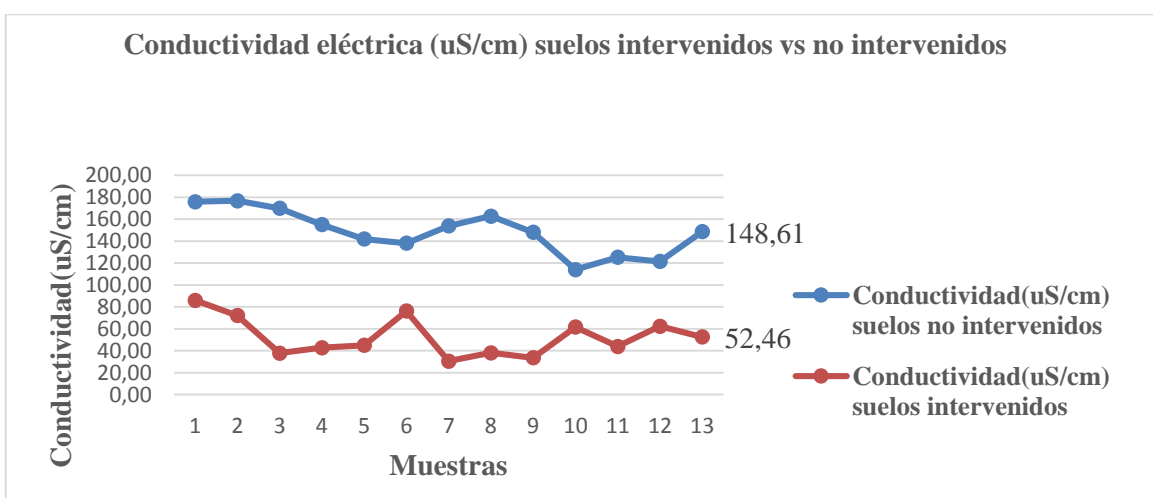


Gráfico 6-3. Distribución de la conductividad eléctrica (uS/cm) suelos intervenidos vs no intervenidos

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

El valor promedio de la conductividad eléctrica en suelos no intervenidos es de 148,61 uS/cm a diferencia de los suelos intervenidos 52,46 uS/cm como se observa en el Gráfico 3-6. Como se puede observar los resultados los suelos no intervenidos posee alta conductividad eléctrica esto se debe según Cárdenas (2015, pp.65) a que hay una fuerte correlación con la materia orgánica, la cual juega un rol muy importante en el mantenimiento en las propiedades físicas del suelo. Indica (Rodríguez, Larreal y Moreno, 2012) que la conductividad eléctrica disminuye debido al intervención del hombre o también por los procesos naturales, en ambos procesos los principales factores que influye es la concentración relativa de sales.

3.3. Cuantificación de la Respiración edáfica de los suelos de la MRGPCH.

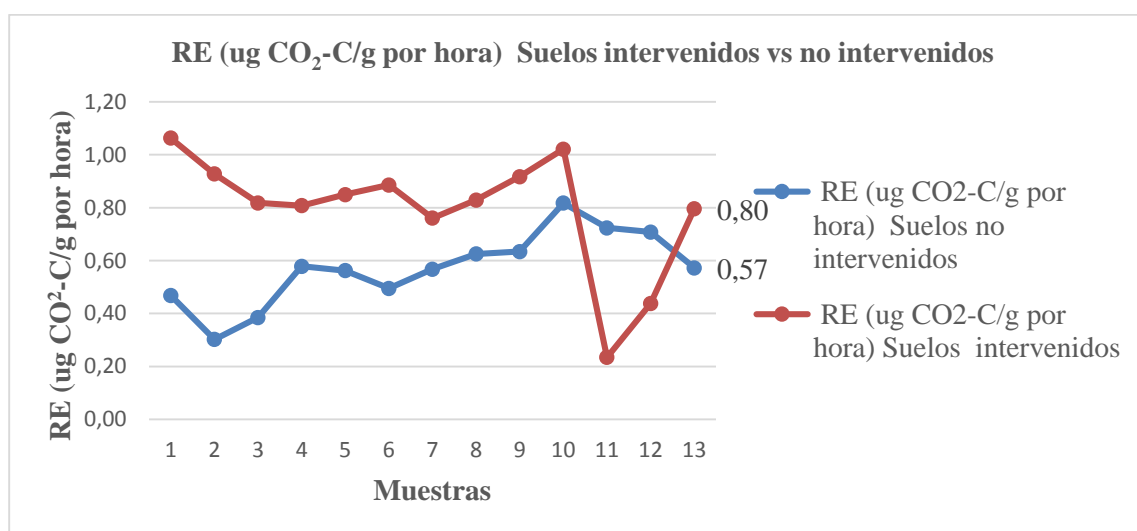


Gráfico 7-3. Distribución de la RE (ug CO₂-C/g por hora) Suelos intervenidos vs no intervenidos
Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Los valores promedios de la respiración edáfica en suelos no intervenidos (páramos) es de 0,57 ug CO₂-C/g por hora a diferencia en suelos intervenidos 0,80 ug CO₂-C/g por hora como se indica en el Gráfico 3-7. Como se puede observar los resultados, los suelos no intervenidos muestran menor respiración edáfica que los suelos intervenidos. Evidentemente con los estudios realizados por Magdalena (2013, pp. 175) indica que la mayor tasa de respiración en suelos intervenidos se debe a un mal manejo de los suelos la cual puede incrementar las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera. Quemba y Sanabria (2016, pp.164) según su estudio realizado concluye que la respiración en suelo no intervenidos (páramo) fue más baja con un valor de (0.42 g CO₂ m⁻² h⁻¹) que en otros usos del suelo, probablemente puede ser por la actividad antropogénica, la cual altera a los microorganismos presente en el suelo. Según Bloem, Hopkins, (1959, pp. 119) el aumento de respiración edáfica en suelos intervenidos puede ser por la introducción de tractores agrícolas o fertilizantes por la cual existe todo tipo de perturbación en el suelo y se consideran factores que provocan una explosión de dióxido de carbono.

3.3.1. Análisis de intervención y la altitud en relación a la respiración edáfica

Se procede a analizar los factores Intervención y Altitud, para definir el comportamiento de estas variables con relación a la respiración edáfica del suelo.

Tabla 3-1: Anova de los factores Intervención y Altitud con relación a la respiración edáfica

Respuesta:	RE					
	Suma de cuadrado	Grado de libertad	F valor	Pr(>F)		
Intervención	45.717	2	809.193	< 2.2e-16 ***		
Altitud	0.9956	6	58.741	< 2.2e-16 ***		
Derechos residuales de autor	18.079	64				
Código de significación	0 '****'	0.001 '**'	0.01 '*'	0.05 '.'	0.1 ' '	1

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Planteamiento de la hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_n = \mu$$

El factor en estudio no tiene un efecto activo con relación a la respiración edáfica del suelo.

$$H_1: \text{Al menos un } \mu_i \neq \mu_j, \text{ para todo } i \neq j$$

El factor en estudio si ejerce un efecto activo con relación a la respiración edáfica del suelo.

La tabla 3-3, indica que los factores de Intervención y de la Altitud son significativos, puesto que ambos tienen valores p de prácticamente 0, es decir, que la intervención y la altitud producen cambios significativos en la respiración edáfica del suelo.

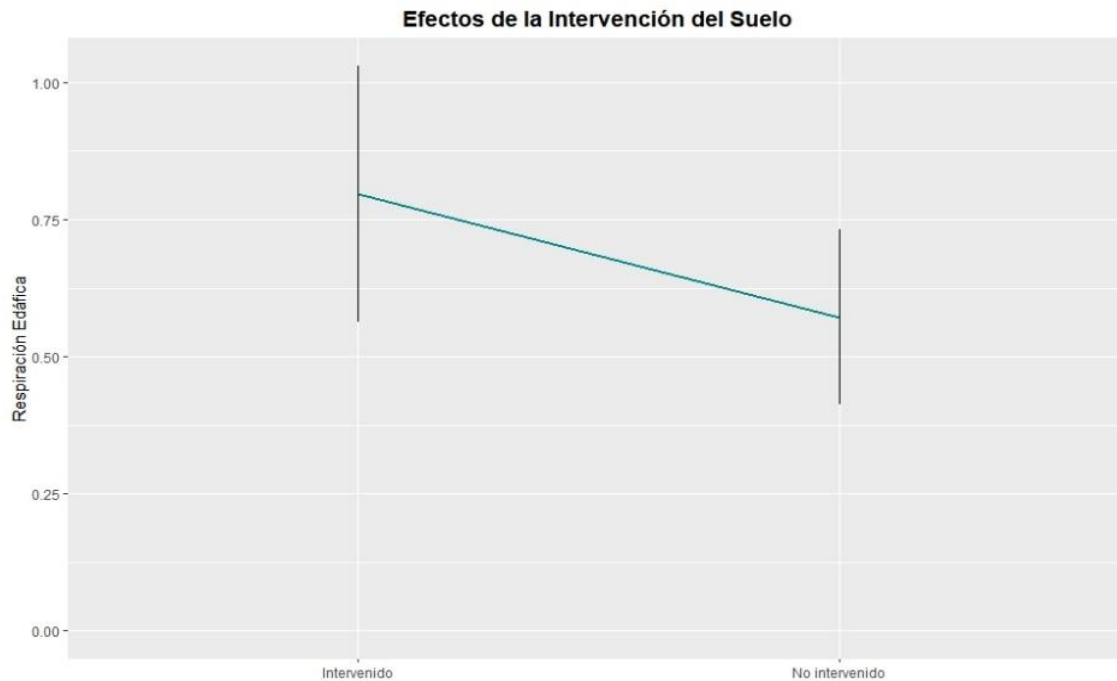


Gráfico 8-3. Efecto de la intervención del suelo vs respiración edáfica
 Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Como se puede observar el gráfico 3-8 referente a la intervención de los suelos, se nota que existe mayor respiración edáfica en los suelos intervenidos (0.76 ug CO₂-C/g por hora), mientras que en suelos no intervenidos el nivel de respiración es menor (0.60 ug CO₂-C/g por hora), esto se debe que en los suelos intervenidos hay mayor presencia de las actividades antrópicas mientras en los suelos no intervenidos es menor esto quiere decir que hay menor descomposición de materia orgánica por ende no hay emisiones de CO₂ en la atmosfera.

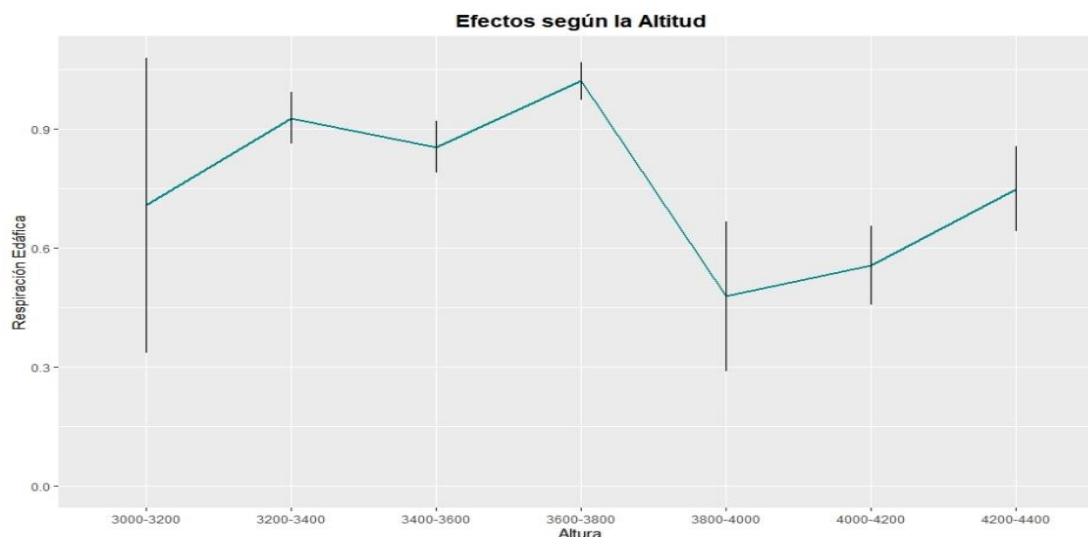


Gráfico 9-3. Efecto de la altitud vs respiración edáfica
 Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Como se observa el Gráfico 3-9 en cuanto a la Altitud, existe una respiración edáfica de aproximadamente 0.74 ug CO₂-C/g por hora a una altura de 3000 a 3200 m.s.n.m., se incrementa en los siguientes 200 metros de altura hasta una respiración edáfica de 0.91 ug CO₂-C/g por hora, disminuye ligeramente a un valor de 0.88 ug CO₂-C/g por hora en los siguientes 200 metros, y en los 200 metros posteriores ya llegando a los 3800 m.s.n.m. se incrementa nuevamente la respiración edáfica hasta llegar a un valor de aproximadamente 1.01 ug CO₂-C/g por hora. A partir de esta altitud la respiración edáfica sufre una disminución abrupta con una respiración de 0.46 ug CO₂-C/g por hora, pero nuevamente comienza a incrementarse en los siguientes 200 metros pasando a un valor de 0.57 ug CO₂-C/g por hora y a una altura de 4200 a 4400 m.s.n.m. se cuenta con 0.75 ug CO₂-C/g por hora de respiración edáfica.

3.3.2. Análisis de los usos de suelo en relación a la respiración edáfica.

Se procede a analizar los usos de suelo, para definir el comportamiento de estas variables con relación a la respiración edáfica del suelo.

Tabla 4-3: ANOVA de los Usos de Suelo de la Zona Intervenida

Respuesta:	Respiración edáfica					
	Suma de cuadrados (sum Sq)	Grado de libertad	Media Sq	F valor	Pr(>F)	
Uso de suelo	2	1.5385	0.76923	69.451	1.49e-12 ***	
Derechos residuales de autor	33	0.3655	0.01108			
Código de significancia	0 '****'	0.001 '***'	0.01 '***'	0.05 '.'	0.1 ' '	1

Realizado por: Gregorio Morales, 2010

Planteamiento de Hipótesis:

$$H_0: \mu_{Cultivo} = \mu_{Pasto} = \mu_{Plantación}$$

El factor en estudio no tiene un efecto activo con relación a la respiración del suelo.

$$H_1: \text{Al menos un } \mu_i \neq \mu_j, \text{ para todo } i \neq j$$

El factor en estudio si ejerce un efecto activo con relación a la respiración del suelo.

Luego de aplicar el ANOVA, los usos de suelo resultan altamente significativos, para la determinación de la cantidad de respiración edáfica en los suelos analizados.

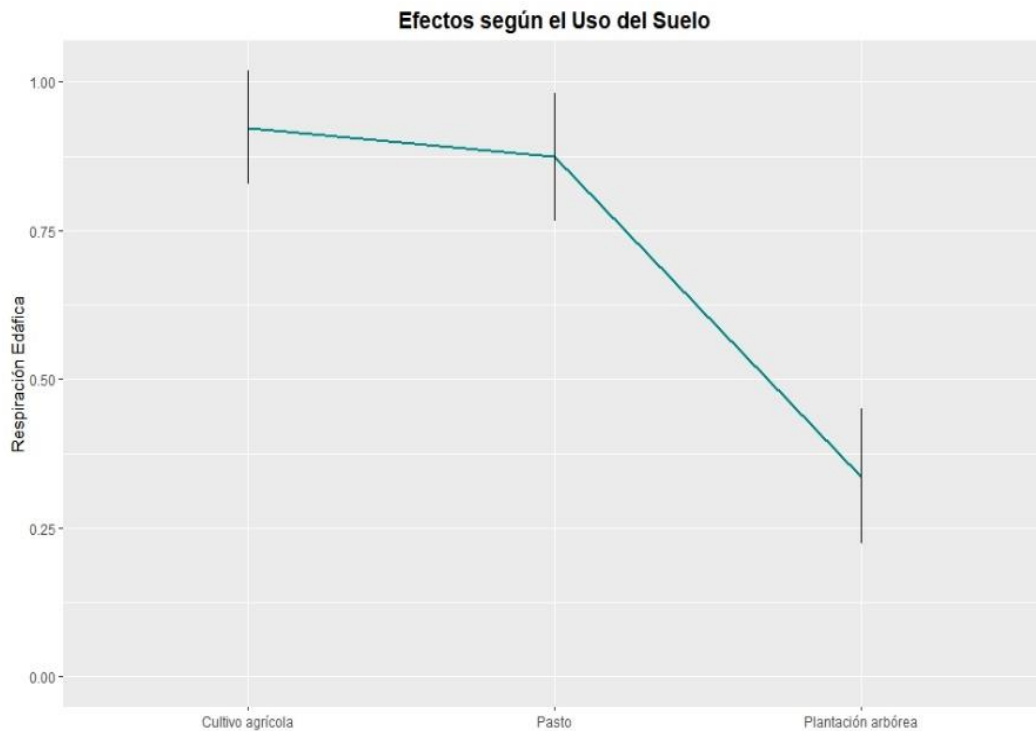


Gráfico 10-3. Efecto de usos de suelo vs respiración edáfica

Realizado por: Gregorio Morales, 2010

Gráfico 3 10, indica que los cultivos agrícolas tienen mayor respiración edáfica con un valor de 0.9 ug CO₂-C/g por hora, seguido de los suelos con siembra de pastizales los cuales tienen una respiración edáfica de 0.87 ug CO₂-C/g por hora y finalmente las plantaciones arbóreas cuentan con menor nivel de respiración edáfica con una disminución de hasta el 0.3 ug CO₂-C/g por hora de respiración edáfica, esto señala que las plantaciones arbóreas es la que realiza menor respiración edáfica para lo cual reduce emisiones de CO₂, de acuerdo a los resultados que podemos observar. Se puede evidencia con el estudio realizados por (Rodríguez, 2017).

3.4. Relación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas de los suelos no intervenidos de la MRGPCH.

Se procede a realizar la correlación de las propiedades del suelo y la respiración edáfica que permite determinar relaciones entre la respiración edáfica de la como variable respuesta, y las propiedades físico-químicas del suelo analizado, como variables independientes, pertenecientes a la zona intervenida.

Tabla 5-3: Correlación de las propiedades del suelo y la respiración edáfica de suelos no intervenidos

Parámetros	M.O	pH	CE	Humedad	Densidad Aparente	RE
M.O	1.00000	- 0.73382	- 0.76495	0.72020	-0.77537	0.67098
pH	- 0.73382	1.00000	0.86405	-0.70803	0.73770	-0.68621
CE	- 0.76495	0.86405	1.00000	-0.80071	0.84399	-0.70507
Humedad	0.72020	- 0.70803	- 0.80071	1.00000	-0.75596	0.70830
Densidad aparente	- 0.77537	0.73770	0.84399	-0.75596	1.00000	-0.72645
RE	0.67098	- 0.68621	- 0.70507	0.70830	-0.72645	1.00000

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

La tabla 3-5, indica que respiración edáfica da una explicación de un 68.62% por el pH del suelo, 70.51% por la Conductividad y 72.65% por la densidad aparente del suelo, con una relación inversamente proporcional, mientras que, 67.10% por la materia orgánica y 70.83% por la humedad, presentando una relación directamente proporcional. Con estas correlaciones se puede señalar que existen relaciones relativamente fuertes entre las propiedades físico-químicas del suelo y la respiración edáfica, para las zonas no intervenidas del páramo en estudio. Esta conclusión contrasta con los valores observados en la zona intervenida, puesto que las correlaciones lineales entre las propiedades en análisis y la respiración edáfica resultan muchos menores en esta con relación a las encontradas en la zona no intervenida del páramo Andino.

- Análogamente a lo realizado para las zonas intervenidas, el análisis de regresión permite determinar que propiedades físico-químicas del suelo son estadísticamente significativas para la explicación de la respiración edáfica.

Tabla 6-3: Análisis de regresión múltiple para suelos no intervenidos.

Coeficientes						
	Estimación	error estándar	t valor	Pr(> t)		
M.O	0.005438	0.007899	0.688	0.49630		
pH	-0.060976	0.063212	-0.965	0.34220		
Humedad	0.021786	0.006080	3.583	0.00115 **		
Densidad aparente	-0.650602	0.502129	-1.296	0.20465		
CE	0.877835	2.232639	0.393	0.69688		
Código de significación	0 ‘***’	0.001 ‘***’	0.01 ‘*’	0.05 ‘.’	0.1 ‘,’	1

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Planteamiento de hipótesis

H0: $\beta_i=0, i=1,2,3,4,5$

H1: $\beta_i \neq 0, i=1,2,3,4,5$

Con un nivel de confianza de 95%, se observan valores p mayores a 0.05 para las variables Materia Orgánica, pH del suelo, Densidad Aparente y Conductividad, por lo que se concluye que estas variables no explican de manera significativa a la respiración edáfica, no obstante, la variable Humedad del suelo si explica de manera significativa esta característica, debido a que su valor p es de 0.0021. Por la cual se acepta la hipótesis alternativa.

Los análisis estadísticos demuestran no existen relaciones importantes entre las propiedades físico-químicas del suelo y la respiración edáfica en suelos intervenidos, salvo una relación regular entre esta y la conductividad eléctrica del suelo. Como se puede notar que en suelos no intervenidos no tiene ninguna correlación significativa con la respiración edáfica la cual puede ser por muchos factores que interviene en la misma como las actividades antropogénicas. Para la cual se evidencia con los estudios realizados por (Quemba y Sanabria, 2016) en la cual se dice que la humedad y la temperatura del suelo no son los controladores principales del flujo de CO₂ del suelo.(Paucar y Velastegui, 2019) en su estudio dice que la materia orgánica no presenta una correlación significativo en suelos intervenidos. Según(Amado, 2009; citado por Ochoa y Urroz, 2011) dice que el pH del suelo no tiene ninguna correlación significativa con la respiración basal debido que hay microorganismos que se adaptan al pH del suelo por la cual no se puede asegurar que exista un menor o mayor respiración de suelo a un determinado pH.

3.5. Relación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas de los suelos intervenidos de la MRGPCH.

Se procede a realizar la correlación de las propiedades del suelo y la respiración edáfica para determinar relaciones entre la respiración edáfica de la como variable respuesta, y las propiedades físico-químicas del suelo analizado, como variables independientes, pertenecientes a la zona intervenida.

Tabla 7-3: Correlación de las propiedades del suelo y la respiración edáfica de suelos intervenidos

Parámetros	M.O	pH	CE	Humedad	Densidad aparente	RE
M.O	1.000000	- 0.57914	- 0.50391	0.179784	-0.577115	-0.051745
pH	- 0.579143	1.00000	0.64207	- 0.227138	0.507165	0.360673
CE	- 0.503915	0.64207	1.00000	- 0.170072	0.328757	0.594120
Humedad	0.179784	- 0.22713	- 0.17007	1.000000	-0.391012	0.075356
Densidad aparente	- 0.577115	0.50716	0.32875	- 0.391012	1.000000	-0.086781
RE	- 0.051745	0.36067	0.59412	0.075356	-0.086781	1.000000

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

La tabla 3-7, indica, la respiración edáfica es explicada en un 5.17% por la materia orgánica y 8.68% por la densidad aparente, con una relación inversamente proporcional, mientras que, 36.07% por el pH del suelo, 59.41% por la conductividad eléctrica y 7.54% por la humedad, presentando una relación directamente proporcional. A partir de estas conclusiones, en primera instancia, se puede definir que no existen relaciones fuertes entre las propiedades del suelo y la respiración edáfica, salvo una relación regular entre esta y la conductividad del suelo.

- Permite definir, mediante pruebas estadísticas, que variables resultan significativas para la explicación, de manera lineal, de la respiración edáfica con relación a las propiedades físico-químicas del suelo, mediante el estadístico de prueba t de student.

Tabla 8-3: Análisis de Regresión Múltiple para suelos intervenidos

	Coeficientes					
	Estimación	Error estándar	t value Pr(> t)			
M.O	0.029147	0.020372	1.431 0.162499			
pH	0.121176	0.085905	1.411 0.168324			
Humedad	0.003007	0.004834	0.622 0.538421			
Densidad aparente	-0.546059	0.377596	-1.446 0.158172			
CE	9.058629	2.042973	4.434 0.000108 ***			
Código de significancia	0 ‘****’	0.001 ‘***’	0.01 ‘*’	0.05	0.1 ‘.’	1

Realizado por: Gregorio Morales, 2020

Planteamiento de hipótesis

$$H_0: \beta_i = 0, i = 1, 2, 3, 4, 5$$

$$H_1: \beta_i \neq 0, i = 1, 2, 3, 4, 5$$

Definido un nivel de confianza de 95% (5% de significancia), se cuenta con valores p mayores a 0.05 para las variables Materia Orgánica, pH del suelo, Humedad y Densidad Aparente, por lo que se concluye que estas variables no explican de manera significativa a la respiración edáfica producida, sin embargo, la variable Conductividad eléctrica si explica de manera significativa esta característica, debido a que su valor p es de 0.0001.

Los análisis estadísticos demuestran no existen relaciones importantes entre las propiedades físico-químicas del suelo y la respiración edáfica en suelos intervenidos, salvo una relación regular entre esta y la conductividad eléctrica del suelo. Como se puede notar que en suelos no intervenidos no tiene ninguna correlación significativa con la respiración edáfica la cual puede ser por muchos factores que interviene en la misma como las actividades antropogénicas. Para la cual se evidencia con los estudios realizados por (Quemba y Sanabria, 2016) en la cual se dice que la humedad y la temperatura del suelo no son los controladores principales del flujo de CO₂ del suelo. (Paucar y Velastegui, 2019) en su estudio dice que la materia orgánica no presenta una correlación significativo en suelos intervenidos. Según (Amado, 2009; citado por Ochoa y Urroz, 2011) dice que el pH del suelo no tiene ninguna correlación significativa con la respiración basal debido que hay microorganismos que se adaptan al pH del suelo por la cual no se puede asegurar que exista un menor o mayor respiración de suelo a un determinado pH.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de los distintos usos de suelo de la microcuenca de río Guano indican que las propiedades físico-químicas están relacionados con el factor uso de suelo ya que en suelos no intervenidos la materia orgánica, carbono orgánico, humedad y conductividad eléctrica son valores mayores, esto se debe a las condiciones ambientales como clima y bajas temperatura de los páramos a diferencia los suelos intervenidos los valores bajos puede deberse al empobrecimiento del mismo por las actividades humanas. La densidad aparente en suelos no intervenidos es menor 1 g/cm^3 característicos a los suelos de páramos, mientras que en suelos intervenidos tenemos valores mayores a 1 g/cm^3 posiblemente asociados a la compactación del suelo por el tránsito de los animales y uso de maquinaria pesada. El pH en suelos no intervenido es medianamente ácido (4-6 característicos de los páramos andinos) a diferencia de los suelos intervenidos se ligeramente ácidos (6 característico de suelo agrícolas).

Para la respiración edáfica los valores promedios en suelos no intervenidos (páramos) de $0,57 \text{ ug CO}_2\text{-C/g}$ por hora y en suelos intervenidos $0,80 \text{ ug CO}_2\text{-C/g}$ por hora; así, concluyendo los suelos no intervenidos (páramo) la respiración edáfica es menor aun teniendo alta cantidad de materia orgánica, la cual se debe a que la biomasa aérea es el que contrarresta las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera; mientras, que en suelos intervenidos la respiración es mayor debido al mal manejo del suelo la cual altera a los microorganismos presentes en el mismo.

En suelos no intervenidos la respiración edáfica es inversamente proporcional al pH del suelo (correlación 68.62%), Conductividad eléctrica (correlación 70.51%) y densidad Aparente (correlación 72.65%) mientras para la materia orgánica (correlación 67.10%) y la Humedad (correlación 70.83%) es directamente proporcional. En suelos intervenidos la respiración edáfica es inversamente proporcional con la materia orgánica (correlación 5.17%) y la densidad aparente (correlación 8.68%), mientras el pH (correlación 36.07%), conductividad eléctrica (correlación 59.41%) y por la humedad (correlación 7.54%), presenta una relación directamente proporcional. Esta diferencia de resultados en estos dos ecosistemas se debe a muchos factores que afecta a la respiración edáfica entre ellos las condiciones ambientales y la actividad humana.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios de la respiración edáfica utilizando otros métodos para comparar los resultados de métodos de titulación utilizada.

Dar a conocer población y autoridades locales sobre los principales efectos que causa el cambio de uso de suelo, para que pueda generar políticas de conservación de paramos ya que este ecosistema es sumidero de carbono y por ende reduce las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera evitando el calentamiento global.

Realizar estudios de respiración edáfica en la microcuenca de río Guano, en relación a nutrientes del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, G. “Soil Water Amount to Decide the Planting Time in Dry Land Agriculture”. *Terra Latinoamericana* E-ISSN [en línea], 1999, (México) 17, pp. 1-57. Disponible en: 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: 20 agosto 2019]. Disponible en: www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf.

BUSTAMANTE, M; et al. *Los paramos de chimborazo un estudio socioambiental para la toma de decisiones* [en línea]. Quito-Ecuador: EcoCiencia / CONDESAN / Programa BioAndes / Proyecto Páramo Andino, 2011. [Consulta: 2 septiembre 2019]. Disponible en: www.flacsoandes.edu.ec.

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: 13 diciembre 2019]. Número ISSN. Disponible en: <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1241>.

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: 2019-11-23]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11137/1/236T0439.pdf>.

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.

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: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/58791/60788>.

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: 01 de enero 2020] 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: 17 de noviembre 2019]. ISSN 0341-8162. DOI 10.1016/j.catena.2018.11.035. Disponible en: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/625/1/T631.4 S 161.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, cincias, Ecuador. 2014. pp.16-40. [Consulta: 2019-10-23]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/270453601_Determinacion_de_carbono_organico_en_el_paramo_de_Pichan_Central_Ecuador.

MARTÍNEZ, E.; et al. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutricion 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.

FAO. Guía para la descripción de suelos. [En línea], 2009, pp. S.l.: s.n. [Consulta: 22 octubre 2019]. 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>

BLOEM, J. ; & HOPKINS, D. *Oil q uality m icrobiological m ethods for a ssesing s oil* [en línea]. Washington-USA: Scholarly Publishing & Academic Resources Coalition, 1959. [Consulta: 20 septiembre 2019]. 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=bwOItAttFD&sig=Ia9STqeWIHkbJi2Sq2NilNqUgng#v=onepage&q=MICROBIOLOGICAL METHODS FOR ASSESSING SOIL QUALITY&f=false>.

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

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

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: 17 enero 2020]. ISSN 08832927. DOI 10.1016/j.apgeochem.2006.04.002. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistadigitaluniversitaria/2007/vol8/no10/5.pdf>.

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.

MIRANZO, M; & DEL RÍO, C. "Las consecuencias del cambio climático en el magreb". *UNISCI Discussion Papers*, vol. 2015, no. 39 (2015), (España) pp. 127-150. ISSN 16962206.

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. 132. [Consulta: 2020-23-2]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9368>.

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

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>.

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.

QUEIROZ, A.C. *Ambiente de innovación. GV-executivo*. Quito-Ecuador: Debate, 2018, vol. 4, no. 2, pp. 39.

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

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, nº. 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.

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

TIPÁN CONDOY, D.N.T. Estudio hidráulico del río guano para la determinación de la conductancia entre río- acuífero y zonas de inundación [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) UNACH, Ingeniería, Ecuador. 2018. pp. 20-23. [Consulta: 2020-11-23]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4983>.

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>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 05 / 03/ 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Segundo Gregorio Morales Morales
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Química
Título a optar: Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: